

香茅天然挥发物的化感作用及其化学成分分析*

黎华寿^{1**} 黄京华^{1,2} 张修玉¹ 陈玉芬¹ 杨军¹ 黑亮¹

(¹华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642; ²广西大学农学院, 南宁 530005)

【摘要】 在野外香茅草丛地表和密闭容器中进行了香茅天然挥发物对玉米和稗草种子萌发和幼苗生长影响的试验, 并采用固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术, 对香茅挥发物的化学成分进行了分析. 生物测定表明, 野外香茅草丛和密闭容器中香茅挥发物对玉米和稗草种子萌发率影响不显著, 但对玉米和稗草幼苗的生物量、根长及苗高均产生显著抑制影响, 表明香茅挥发物中存在潜在的化感物质. 对挥发物的分析结果表明, 根挥发物有 10 种成分, 主要成分是长叶松烯, 含量为 56.67%, 其次为芹子烯内酯(20.03%), 其余成分含量都在 10% 以下. 茎叶挥发物有 12 种成分, 主要成分是柠檬醛, 含量达 53.98%, 其次是 α -柠檬醛, 含量为 34.40%, 其余成分含量都在 4% 以下. 研究表明, 在香茅挥发物中存在较多的萜类化合物, 茎叶挥发物中有 2 个单萜, 9 个倍半萜, 根挥发物全部为倍半萜. 因此, 种植香茅时不应忽视它的化感作用.

关键词 香茅 挥发物 气-质联用 化感作用

文章编号 1001-9332(2005)04-0763-05 **中图分类号** Q945.78; Q948.12⁺2.1 **文献标识码** A

Allelopathic effects of *Cymbopogon citratus* volatile and its chemical components. LI Huashou¹, HUANG Jinghua^{1,2}, ZHANG Xiuyu¹, CHEN Yufen¹, YANG Jun¹, HEI Liang¹ (¹*Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China*; ²*Agricultural College, Guangxi University, Nanning 530005, China*). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(4): 763~767.

This paper studied the allelopathic effects of *Cymbopogon citratus* volatile on the seed germination and seedling growth of corn and barnyard grass (*Echinochloa crusgalli*) in field and in obturator, and analyzed the chemical components of the volatile with SPME and GC-MS. The results of bio-assay indicated that the germination rate of corn or barnyard grass intercropped with *C. citratus* or enclosed in obturator with fresh *C. citratus* had no significant difference from the control, but the seedling growth of corn and barnyard grass was significantly inhibited. The volatile from *C. citratus* roots contained 10 components. The main component was longifolene (V4), occupying 56.67% of the total, the second component was selina-6-en-4-ol (20.03%), while the others were under 10%. There were 12 components in the volatile from *C. citratus* shoots. The main component was citral (53.98%), the second was α -citral (34.40%), and the others were under 4%. There were 2 monoterpenes and 9 sesquiterpenes in the volatile from shoots, and all the terpenes in the volatile from roots were sesquiterpenes. Therefore, the allelopathy of *C. citratus* should not be ignored when planted it with other crops.

Key words *Cymbopogon citratus*, Volatile, GC-MS, Allelopathy.

1 引言

植物化感作用现已成为农业生态和化学生态研究的热点, 植物的化感作用主要指通过茎叶挥发、茎叶淋溶、根系分泌^[32]和残体腐解等过程向环境中释放化感物质, 从而抑制周围一种植物或多种植物生长发育的现象^[22]. 植物化感物质主要是植物产生的次生代谢产物, 这是物种长期进化为了自身和种群的生存与发展而采取的策略. 植物向外界释放化感物质通常会影

响周围其他种子萌发和幼苗生长^[31]. 其作用机理被认为是化感物质通过影响其他植株的激素合成和利用, 从而改变细胞的分裂、伸长; 影响膜的透性; 影响植物对矿物质的吸收; 影响光合和呼吸作用; 影响蛋白质的合成; 影响茎叶对水分的传导作用^[15, 16, 23, 24]. 多种植物有明显的化感作用现象^[9], 如水稻 (*Oryza sativa*)^[8, 11, 12, 19, 29, 33]、紫茎泽

* 国家自然科学基金项目(3000114)、广东省自然科学基金项目和美国洛克非勒基金及日本经团连自然保护基金资助项目(4100-G99012).

** 通讯联系人.

2004-03-09 收稿, 2004-07-11 接受.

兰 (*Eupatorium adenophorum*)^[26]、豚草属 (*Ambrosia*) 植物^[30]、胜红蓟 (*Ageratum conyzoides*)^[13] 和一些湿地中的水生植物^[7]等。植物化感作用研究对于防除农田杂草,开发生物除草剂^[18],维持农业可持续发展具有重要意义^[25]。

香茅 (*Cymbopogon citratus*) 又称柠檬茅,是禾本科香茅属多年生草本植物,主要分布于非洲和南亚等热带亚热带地区,我国南方地区亦有作为经济作物栽培,其叶含有大量挥发油,作为香料或药用^[1]。香茅油具有广谱的抗菌性^[5,21,27],香茅根分泌物提出液对多种植物具有化感作用^[35]。香茅水浸提液对鬼针草属植物幼苗具有显著抑制作用,并且香茅油 20~80 mg·g⁻¹ 溶液对包括小麦在内的多种植物幼苗具有抑制作用,在浓度 16 nl·ml⁻¹ 时,小麦胚根比对照缩短 50%,浓度 32 nl·ml⁻¹ 时种子发芽率只有对照的一半^[2]。以往已有一些研究从开发制造香料香精^[1,14,17,28]、抗氧化剂^[3]的角度或开发生物除草剂^[4]或化学分类^[20]等其它角度研究了香茅油的化学成分。但自然群落条件下,香茅天然挥发物的化感作用及其化学成份如何,尚未见文献报道。本文在野外种植的香茅草丛地表和密闭干燥器中进行了天然挥发物对玉米和稗草种子萌发和幼苗生长影响的实验测定,并采用固相微萃取及气相色谱-质谱联用技术,对香茅天然挥发物成分进行了分析,为进一步研究香茅的化感作用提供科学依据。

2 材料与方法

2.1 香茅挥发物化感作用的生物测定

2.1.1 实地生物测定试验 在华南农业大学校园人工种植高度为 123 cm 的香茅群落中进行,香茅地为肥力中等的红壤旱坡地。将玉米和稗草种子浸种 12 h,用消毒过的镊子将大小均匀的种子挑出,置于装满细沙、碗底下垫滤纸并留有排水小孔的塑料碗(碗口直径 20 cm、碗高 10 cm),覆盖 2 cm 厚的细沙,每碗种 10 粒种子,每处理设置 3 个重复,其中处理组分散置于茂密香茅草丛中间的地表上,使其能在自然条件下充分接受香茅天然挥发物,而对照组则置于距香茅草 60 m 外的龙眼树树荫下,对照组用枯树枝遮盖,并在四周和中间共放置 5 个盛满水的塑料碗以保持空气潮湿,使处理和对照的光照、湿度等小气候条件基本一致,以后隔天喷雾淋水,保持细沙湿润。试验期间平均气温为 21~23 ℃。第 8 天结束培养,统计种子萌芽率和幼苗鲜重、根长度、苗高度。

2.1.2 密闭容器内的生物测定 于 2004 年 6 月 20~27 日按上法在 40 cm 口径的密闭干燥器内进行玉米和稗草生测试验,设 3 种处理,分别为密闭干燥器内加香茅草地下部新鲜根茎 820 g(鲜重,处理 A)、地上部新鲜茎叶 1 550 g(鲜重,处

理 B) 和空白对照(CK),各处理分别设置 4 个重复,为尽可能使处理 A 和 B 能获得香茅地下部和地上部天然挥发物,隔天全部更换等量的新鲜活体香茅草材料,同时喷雾淋水,保持细沙湿润,并控制处理组和对照组密闭干燥器内光照和湿度等小气候条件一致,试验期间统一置于树阴下自然光照,平均气温为 25~32 ℃。第 8 天结束实验和进行调查统计。

2.2 香茅挥发物化学成分分析

2.2.1 材料及样品处理 于 6 月份香茅生长旺期取上述香茅群落当年分蘖的活体全株,回实验室后立即将地上部和根分开,各取 2 g,切成 0.5 cm 的小段,分别放入洁净的固相微萃取(SPME)管中,插入萃取棒(PDMS-聚二甲基硅氧烷,100 μm)密封放置 45 min,萃取其挥发成分,气体成分随萃取棒直接进样在 GC-MS 上分析。

2.2.2 仪器及分析条件 所用仪器为 Finnigan TRACE GC-MSTM 气质联用仪(美国),DB-5 毛细管柱,30 m×0.25 mm,起始温度 60 ℃,保持 10 min,然后以每分钟 4 ℃ 升到 230 ℃,230 ℃ 保持 40 min;载气为氦气(1 ml·min⁻¹),进样器温度 200 ℃,接口温度 250 ℃,电离方式 EI,电子能量 70 eV,检测器电压 350 V。

2.3 数据分析与统计方法

生测数据单株数据取所在碗的各植株平均值,以每个重复作统计分析,实验数据进行方差分析,Student-t 检验或 Duncan 新复极差法比较。

香茅根和茎叶的挥发物经 GC-MS 分析,所得的质谱图谱用计算机检索谱库确定化合物的名称,以质谱离子峰面积百分数测得这些成分的百分含量。

3 结果与分析

3.1 香茅草挥发物对玉米和稗草种子萌芽和幼苗生长的影响

从表 1 和表 2 可以看出,处理和对照的种子发芽率没有显著差异,说明天然条件下香茅草挥发物对玉米和稗草种子萌芽没有影响。对植物幼苗生长包括生物量、株高、根长的影响是进行生物测定的最常用指标,从表 1 和表 2 可见,挥发物对玉米和稗草幼苗株高、根长和地上部鲜重及干重具有不同程度的影响,差异达到显著水平($P=0.05$),对玉米地下部鲜重及干重也有显著影响,处理的玉米种子根长、苗高、鲜重和干重分别比对照(CK)的减少 36.17%、67.74%、48.47% 和 37.97%,说明香茅草天然挥发物抑制了幼苗生长。

从表 3 和表 4 可以看出,人工模拟条件下的密闭干燥器中,香茅草地下部和地上部挥发物使玉米种子发芽率分别比对照降低 10%、20%,使稗草种子发芽率分别比对照降低 5% 和 10%,说明密闭条件下香茅草挥发物对玉米和稗草种子萌芽有一定影

表 1 香茅挥发物对玉米种子萌发和幼苗生长的影响

Table 1 Effect of the volatile from *Cymbopogon citratus* under plantations on germination rate and growth of *Zea mays* seedling

处 理 Treatment	总发芽率 Germination rate (%)	地上鲜重 Fresh weight of shoots (g)	地下鲜重 Fresh weight of roots (g)	地上干重 Dry weight of shoots	地下干重 Dry weight of roots	根长 Root length (cm)	苗高 Shoots height (cm)
香茅草丛下 Under <i>Cymbopogon citratus</i> tussock grass	82	0.1903±0.04	0.1233±0.03	0.0207±0.004	0.0188±0.005*	6.69±1.59	6.20±0.20
龙眼树树荫下 Under umbrage of Longan tree (CK)	85	0.3319±0.27*	0.1337±0.05*	0.0384±0.016*	0.0161±0.005	9.11±1.48*	10.43±2.26*

注:数值为平均值±SD($n=10$) Result are average±SD($n=10$);差异显著性为成对样本的 t 检验 Significant difference with student t -test *0.01 < P < 0.05. 下同 The same below.

表 2 香茅挥发物对稗草种子萌发和幼苗生长的影响

Table 2 Effect of the volatile from *Cymbopogon citratus* under plantations on germination rate and growth of *Echinochloa crusgalli* seedling

处 理 Treatment	总发芽率 Germination rate (%)	鲜重 Fresh weight (g)	干重 Dry weight (g)	根长 Root length (cm)	苗高 Shoots height (cm)
香茅草丛下 Under <i>Cymbopogon citratus</i> tussock grass	100	0.0319±0.004	0.0043±0.0001	1.53±0.89	8.63±1.78
龙眼树树荫下 Under umbrage of Longan tree (CK)	100	0.0443±0.004*	0.0046±0.0051*	2.42±1.20*	10.97±2.13*

表 3 密闭容器内香茅挥发物对玉米种子萌发和幼苗生长的影响*

Table 3 Effect of the volatile from *Cymbopogon citratus* under plantations on germination rate and growth of *Zea mays* seedling in airtight containers

处 理 Treatment	总发芽率 Germination rate (%)	地上鲜重 Fresh weight of stem (g)	地下鲜重 Fresh weight of root (g)	地上干重 Dry weight of stem	地下干重 Dry weight of root	根长 Root length (cm)	苗高 Shoot length (cm)
对照 CK	80a	0.4212±0.025a	0.3259±0.023a	0.0431±0.002a	0.0359±0.002a	11.86±0.49a	8.84±0.58a
香茅地下部 Fresh root of <i>Cymbopogon citratus</i>	70a	0.3000±0.022b	0.1731±0.017b	0.0331±0.004b	0.0250±0.003b	6.28±0.78b	6.31±0.80b
香茅地上部 Fresh stem & leaves of <i>Cymbopogon citratus</i>	60a	0.2996±0.017b	0.2317±0.023b	0.0296±0.003b	0.0285±0.002b	6.33±0.62b	4.17±0.43c

* 经邓肯新复测验,同列数据后面标有相同字母者差异不显著 Data in each column followed by the same letters are not significant difference at $\alpha=0.05$ as determined by Duncan's multiple range test. 下同 The same below.

表 4 密闭容器内香茅挥发物对稗草种子萌发和幼苗生长的影响

Table 4 Effect of the volatile from *Cymbopogon citratus* under plantations on germination rate and growth of *Echinochloa crusgalli* seedling in airtight containers

处 理 Treatment	总发芽率 Germination rate (%)	地上鲜重 Fresh weight of stem (g)	根长 Root length (cm)	苗高 Shoot length (cm)
对照 CK	95a	0.0529±0.002a	6.46±0.34a	8.83±0.49a
香茅地下部 Fresh root of <i>Cymbopogon citratus</i>	90a	0.0444±0.002b	4.96±0.30b	7.32±0.44b
香茅地上部 Fresh stem & leaves of <i>Cymbopogon citratus</i>	85a	0.0421±0.002b	3.87±0.28c	6.46±0.35b

3.2 香茅茎叶挥发物的化学成分

茎叶挥发物共分离出 12 个峰,分析鉴定了 12 种成分(表 5).由表 5 可知,香茅茎叶挥发物的主要成分是柠檬醛和 α -柠檬醛,含量分别为 53.98% 和 34.40%.此外,还有乙酸香叶酯(3.68%),以及 9 个倍半萜类化合物,其中 7 个倍半萜烯,2 个含氧衍生物,含量均不超过 2%.

3.3 香茅根挥发物的化学成分

响,但差异不显著.同时,香茅草挥发物对玉米和稗草幼苗株高、根长和地上部鲜重及干重具有不同程度的影响.香茅地上部、地下部挥发物对玉米及稗草幼苗生物量和株高影响差异不显著,但与对照比较则均达差异显著水平.香茅地上部挥发物、地下部挥发物和空白对照处理间的玉米及稗草幼苗根长相互之间的差异均分别达到显著水平,说明密闭干燥器内香茅草挥发物确实抑制了幼苗生长.

表 5 香茅茎叶挥发物的化学成分

Table 5 Chemical components of the volatile from *Cymbopogon citratus* shoot

编号 No.	保留时间 Retentio time (min)	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	峰面积 比重 Area (%)
1	23.23	α -柠檬醛 α -citral	C10H16O	34.40
2	24.71	柠檬醛 Citral	C10H16O	53.98
3	28.07	乙酸香叶酯 Geranylacetate	C12H20O2	3.68
4	29.29	反式丁子香烯 Trans-caryophyllene	C15H24	1.90
5	29.77	4-甲基-3-环戊烯 Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2, 6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-	C15H24	1.68
6	30.44	十二烷基类有机物 1, 6, 10-dodecatriene, 7, 11-dimethyl-3-methylene-, (Z)-	C15H24	0.84
7	31.27	大根香叶烯 Germacrene-d	C15H24	0.81
8	31.64	十二烷基类有机物 1, 3, 6, 10-dodecatetraene, 3, 7, 11-trimethyl-, (Z, E)-	C15H24	0.82
9	32.28	ζ -杜松烯 ζ -cadinene	C15H24	0.48
10	32.44	δ -杜松烯 δ -cadinene	C15H24	0.30
11	34.20	环二烯杜松烯 1-hydroxy-1, 7-dimethyl-4-isopropyl-2, 7-cyclododecadiene	C15H26O	0.36
12	35.57	芹子烯内酯 Selina-6-en-4-ol	C15H26O	0.75

根挥发物共分离了 11 个峰,分析鉴定了 10 种成分(表 6),由表 6 可知,香茅根挥发物的 10 种成

表6 香茅根挥发物的化学成分

Table 6 Chemical components of the volatile from *Cymbopogon citratus* roots

编号 No.	保留时间 Retention time (min)	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	峰面积 比重 Area (%)
1	27.59	依兰烯 ylangene	C15H24	4.33
2	28.40	榄香烯 elemene	C15H24	5.66
3	29.47	长叶松烯 longifolene (V4)	C15H24	29.94
4	29.99	长叶松烯 longifolene (V4)	C15H24	26.73
5	35.18	2-萘甲(木)醇 2-naphthalenemethanol, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro- α , β , 4a,8-tetramethyl-, (2 α ,4 α ,8 α)-	C15H26O	1.11
6	35.77	芹子烯内酯 Selina-6-en-4-ol	C15H26O	20.03
7	35.98	愈创木醇 Guaiol	C15H26O	0.98
8	36.24	.tau.-muurokol	C15H26O	3.16
9	36.59	α -杜松烷 α -cadinol	C15H26O	2.61
10	36.83	二甲基十氢萘 1-naphthalenol, decahydro-1,4a-dimethyl-7-(1-methylethylidene)-, [1R-(1 α ,4 α ,8 α)]	C15H26O	3.73
11	37.72	刺柏脑 Juniper camphor	C15H26O	1.72

分均为萜烯类化合物及其含氧衍生物,主要成分是长叶松烯(56.67%),其次为芹子烯内酯(20.03%),含量较高的还有榄香烯(5.66%)和依兰烯(4.33%),其余成分含量都比较低,在4%以下。

4 讨 论

本文实地生物测定实验表明,香茅自然挥发到体外的气体成分以萜类化合物为主,这些物质实际上主要是化感物质,对玉米和稗草幼苗生长具有抑制作用,说明香茅存在化感作用。以往对香茅挥发油化学成分的研究主要采取水蒸气蒸馏^[1,5,17]或超临界萃取^[34]的方法将挥发油抽提出来再进行分析,这样得到的提取物的化学组成与自然挥发物的化学成份有所不同。本文采用固相微萃取技术直接收集香茅挥发到体外的气体成分,然后用GC-MS分析,能比较真实地反映香茅挥发性化感物质的化学成分。经分析发现,香茅茎叶挥发物的主要化学成分是柠檬醛,与其挥发油中的主要成分^[1]一致,同时还发现,香茅自然挥发物绝大多数为萜类化合物,茎叶挥发物中有两个单萜,9个倍半萜,根挥发物全部为倍半萜。已有不少研究证实萜类化合物是自然界常见的化感物质^[6,12,30],常通过挥发、淋溶、分泌和植物残体腐解等途径进入环境中,从而对周围植物产生影响^[13]。香茅中的萜类物质应是香茅潜在的化感物质。

以往对挥发性化感物质的生物测定方法,主要是用水蒸气蒸馏得到的组分或水抽提液在室内进行^[2,9,36],这样与植物在野外自然条件下释放出来的挥发性化感物质的组分有一定差别。本研究在香茅自然群落中对其挥发性化感物质进行生物测定,

其结果能更真实地反映香茅的化感作用。

参考文献

- Chisowa EH, Hall DR, Farman DI. 1998. Volatile constituents of the essential oil of *Cymbopogon citratus* Stapf grown in Zambia. *Flavour Fragrance*, 13(1):29~30
- Cruz MES, Schwan Estrada KRF, Nozaki MH, et al. 2002. Allelopathic effect of *Cymbopogon citratus* and *Artemisia absinthium* on seeds of *Bidens pilosa*. *Acta Horti*, 569:229~233
- de Suzana FM, Soares SF, Rogério F. 2001. Effect of the *Cymbopogon citratus*, *Maytenus ilicifolia* and *Baccharis genistelloides* extracts against the stannous chloride oxidative damage in *Escherichia coli*. *Mut Res/Genetic Toxicol Environ Mutag*, 496(1~2):33~38
- Dudai N, Poljakoff Mayber A, Mayer AM, et al. 1999. Essential oils as allelochemicals and their potential use as bioherbicides. *J Chem Ecol*, 25(5):1079~1089
- El-Kamali HH, Ahmed AH, Mohammed AS, et al. 1998. Antibacterial properties of essential oils from *Nigella sativa* seeds, *Cymbopogon citratus* leaves and *Pulicaria undulata* aerial parts. *Fitoterapia*, 69(1):77~78
- Gu W-X(谷文祥), Duan S-S(段舜山), Luo S-M(骆世明). 1998. Ecological characteristic of terpenoids and their allelopathic effects on plants. *J South China Agric Uni*(华南农业大学学报), 19(4):108~112(in Chinese)
- He C-Q(何池全), Zhao K-Y(赵魁义). 1999. Allelopathic effect and its use in wetland study. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 18(4):46~51(in Chinese)
- He H-Q(何华勤), Dong Z-H(董章杭), Liang Y-Y(梁义元), et al. 2002. New advance of research on allelopathy in rice (*Oryza sativa* L.). *Res Agric Mod*(农业现代化研究), 23(2):141~143(in Chinese)
- He Y-B(何衍彪), He T-Y(何庭玉), Gu W-X(谷文祥), et al. 2004. Bioactivity of volatile oils from *Myoporum bontioides* on *Plutella xylostella*. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 15(1):149~152(in Chinese)
- Huang J-H(黄京华), Zeng R-S(曾任森), Teng X-F(滕希峰), et al. 2001. Plant allelopathy and its recent development. *J Foshan Univ*(佛山科学技术学院学报), 19(4):61~65(in Chinese)
- Kim KU, Shin DH. 1988. Rice Allelopathy Research in Korea. In: Olofsdotter M, eds. *Allelopathy in Rice*. Manila:IRRI. 39~44
- Kong C-H(孔垂华), Xu X-H(徐效华), Hu F(胡飞), et al. 2002. Using specific secondary metabolite as marker to evaluate allelopathic potential of rice variety and individual plant. *Chin Sci Bull*(科学通报), 47(3):203~206(in Chinese)
- Kong C-H(孔垂华), Xu T(徐涛), Hu F(胡飞). 1998. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* II. Releasing mode and activity of main allelochemicals. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 9(3):257~260(in Chinese)
- Lewinsohn E, Dudai N, Tadmor Y, et al. 1998. Histochemical localization of citral accumulation in lemongrass leaves (*Cymbopogon citratus* Stapf., Poaceae). *Ann Bot*, 81(1):35~39
- Li S-T(李寿田), Zhou J-M(周健民), Wang H-Y(王火焰), et al. 2001. Allelopathic mechanism of plant. *Rural Eco-Environ*(农村生态环境), 17(4):52~55(in Chinese)
- Lin W-X(林文雄), He H-Q(何华勤), Guo Y-C(郭玉春), et al. 2001. Rice allelopathy and its physiobiochemical characteristics. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 12(6):871~875(in Chinese)
- Liu J-X(刘家欣), Jiang J-B(蒋剑波), Yang Z-X(杨朝霞), et al. 1998. Studies on the chemical constituents of essential oil of *Xiangxi Cymbopogon* by capillary gas chromatography mass spectrometry. *J Jishou Univ*(Nat Sci Edit)(吉首大学学报·自然科学版), 19(3):43~45(in Chinese)
- Macias FA. 1995. Allelopathy in search for natural herbicide models. *ACS Symp Ser*, 582:310~329
- Mattice J, Lavy T, Skulman B, et al. 1998. Searching for allelochemicals in rice that control ducksalad. In: Olofsdotter M ed. *Allelopathy in Rice*. Manila:IRRI. 81~98

- 20 Nath SC, Sarma K, Vajezikova I, *et al.* 2000. Comparison of volatile inflorescence oils and taxonomy of certain *Cymbopogon* taxa described as *Cymbopogon flexuosus* (Nees ex Steud.) Wats. *Biochem System Ecol*, 30(3): 151~162
- 21 Onawunmi GO, Yisak WAB, Ogunlana EO. 1984 Antibacterial constituents in the essential oil of *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf. *J Ethnopharmacol*, 12(3): 279~286
- 22 Rice EL. 1984a. Allelopathy. New York: Academic Press. 1~50
- 23 Rice EL. 1984b. Chemical Nature of Allelopathic Agents. In: Rice EL, ed. Allelopathy. New York: Academic Press Inc. 267~291
- 24 Rice EL. 1985. Allelopathy - An Overview. In: Cooper Driver GA, Swain T, Conn EE, eds. Recent Advances in Phytochemistry. Chemically Mediated Interactions between Plants and other Organisms. New York: Academic Press Inc. 81~85
- 25 Shen J-B(申建波), Zhang F-S(张福锁), Wang J-G(王敬国), *et al.* 1999. Allelopathy and sustainable agriculture. *Eco-Agric Res*(生态农业研究), 7(4): 34~37(in Chinese)
- 26 Song Q-S(宋启示), Fu Y(付 昀), Tang J-W(唐建维), *et al.* 2000. Allelopathic potential of *Eupatorium adenophorum*. *Acta Phytoecol Sin*(植物生态学报), 24(3): 362~265(in Chinese)
- 27 Takaisi-Kikuni NB, Tshilanda D, Babady B. 2000. Antibacterial activity of the essential oil of *Cymbopogon densiflorus*. *Fitoterapia*, 71(1): 69~71
- 28 Torres RC, Ragadio AG. 1996. Chemical composition of the essential oil of Philippine *Cymbopogon citratus* (DC) Stapf. *Philippine J Sci*, 125(2): 147~156
- 29 Wang D-L(王大力). 1998. The review of rice allelopathy. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 18(3): 326~334(in Chinese)
- 30 Wang D-L(王大力). 1995. Review of allelopathy research of *Am-brosia* genus. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 14(4): 48~53(in Chinese)
- 31 Wang P(王 璞), Zhao X-Q(赵秀琴). 2001. Effect of allelochemicals on cotton seed germination and seeding growth. *J China Agric Univ*(中国农业大学学报), 6(3): 26~31(in Chinese)
- 32 Wu H(吴 辉), Zheng S-Z(郑师章). 1992. Root exudates and their ecological roles. *Chin J Ecol*(生态学杂志), 11(6): 42~47(in Chinese)
- 33 Xu Z-H(徐正浩), Yu L-Q(余柳青). 2000. Ecological control of barnyard grass by different morphological type rice. *Chin J Rice Sci*(中国水稻科学), 14(2): 125~128(in Chinese)
- 34 Yu S-Y(余蜀宜). 1999. Studies on the extraction and separation of Citronella oil by supercritical carbon dioxide extraction equipment. *Flavour Fragrance Cosmetic*(香料香精化妆品), (2): 6~8(in Chinese)
- 35 Zeng R-S(曾任森), Luo S-M(骆世明). 1996. The allelopathic effects of root exudates of *Cymbopogon citratus*, *Ageratum conyzoides* and *Bidens pilosa*. *J South China Agric Univ*(华南农业大学学报), 17(2): 119~120(in Chinese)
- 36 Zhu BCR, Henderson G, Chen F, *et al.* 2001. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. *J Chem Ecol*, 27(8): 1617~1625

作者简介 黎华寿,男,1964年生,副教授,硕士生导师,在读博士生.主要从事农业生态和污染生态研究,主编教材1部,参编论著4部,发表论文40多篇. Tel: 020-85280211, 85286002; E-mail: lihuashou@scau.edu.cn

第五届全国化学生态学学术研讨会第一轮通知

第五届全国化学生态学学术研讨会将于2005年5月中旬在广东省珠海市召开.此次会议由中国生态学会化学生态学专业委员会主办,农业部昆虫生态、毒理重点开放实验室和中国科学院会同森林生态实验站联合承办.会议就下列内容进行学术研讨:1.昆虫信息素及其应用;2.植物与其它有机体的化学作用;3.植物化感作用;4.天然活性有机物及其生态功能.

组委会会前将编辑论文摘要集,会议期间交流的优秀论文将由专业委员会推荐在国内外相关学术期刊发表.请参会代表在2005年3月31日前将论文摘要(A4纸一页)通过E-mail传至组委会.

联系人:张茂新 510642 广州天河五山 华南农业大学昆虫学系
Tel:020-85280301;E-mail:mxzhang@scau.edu.cn

胡 飞 510642 广州天河五山 华南农业大学农学院
Tel:020-85280204;E-mail:hufei@mail.edu.cn

会议期间,组委会将安排珠海和澳门生态农场考察.欲访问香港的代表,组委会将给予安排,费用自理.欢迎国内同行及感兴趣的专家学者参会.会议第二轮通知将于2005年4月初发出.

中国生态学会化学生态学专业委员会

2004年11月10日