

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第 31 卷 第 13 期 Vol.31 No.13 **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 13 期

2011 年 7 月 (半月刊)

目 次

我国东部北亚热带植物群落季相的时空变化	陈效速, 亓孝然, 阿 杉, 等 (3559)
华北低丘山地人工林蒸散的季节变化及环境影响要素	黄 辉, 孟 平, 张劲松, 等 (3569)
东北东部 14 个温带树种树干呼吸的种内种间变异	许 飞, 王传宽, 王兴昌 (3581)
RS 和 GIS 支持的洪河地区湿地生态健康评价	王一涵, 周德民, 孙永华 (3590)
应用光合色素研究广西钦州湾丰水期浮游植物群落结构	蓝文陆, 王晓辉, 黎明民 (3601)
基于不可替代性的青海省三江源地区保护区功能区划研究	曲 艺, 王秀磊, 栾晓峰, 等 (3609)
融雪时间对大卫马先蒿生长和繁殖特性的影响	陈文年, 吴 彦, 吴 宁, 等 (3621)
巴郎山刺叶高山栎叶片 $\delta^{13}\text{C}$ 对海拔高度的响应	冯秋红, 程瑞梅, 史作民, 等 (3629)
宁南半干旱与半干旱偏旱区苜蓿草地土壤水分与养分特征	任晶晶, 李 军, 王学春, 等 (3638)
南岭小坑藜蒴栲群落地上部分生物量分配规律	李 根, 周光益, 王 旭, 等 (3650)
放牧对五台山高山、亚高山草甸牧草品质的影响	章异平, 江 源, 刘全儒, 等 (3659)
短期增温对贡嘎山峨眉冷杉幼苗生长及其 CNP 化学计量学特征的影响	羊留冬, 杨 燕, 王根绪, 等 (3668)
锰胁迫对垂序商陆叶片形态结构及叶绿体超微结构的影响	梁文斌, 薛生国, 沈吉红, 等 (3677)
土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力	胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 等 (3684)
喀斯特城市杨树人工林微量元素的生物循环	王新凯, 田大伦, 闫文德, 等 (3691)
大兴安岭林区多孔菌的区系组成与种群结构	崔宝凯, 余长军 (3700)
铜绿微囊藻和斜生栅藻非稳态营养盐限制条件下的生长竞争特性	赵晓东, 潘 江, 李金页, 等 (3710)
陆地棉萌发至三叶期不同生育阶段耐盐特性	王俊娟, 王德龙, 樊伟莉, 等 (3720)
基于模式生物秀丽隐杆线虫的三丁基锡生态毒性评价	王 云, 杨亚楠, 简风雷, 等 (3728)
大庆油田石油开采对土壤线虫群落的影响	肖能文, 谢德燕, 王学霞, 等 (3736)
若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响	吴鹏飞, 杨大星 (3745)
洞庭湖湿地土壤环境及其对退田还湖方式的响应	刘 娜, 王克林, 谢永宏, 等 (3758)
渭北旱塬苹果园地产量和深层土壤水分效应模拟	张社红, 李 军, 王学春, 等 (3767)
黄土丘陵区不同土地利用下土壤释放 N_2O 潜力的影响因素	祁金花, 黄懿梅, 张 宏, 等 (3778)
东北中部地区水稻不同生育时期低温处理下生理变化及耐冷性比较	宋广树, 孙忠富, 孙 蕾, 等 (3788)
硫对成熟期烤烟叶绿素荧光参数的影响	朱英华, 屠乃美, 肖汉乾, 等 (3796)
高温强光对温州蜜柑叶绿素荧光、D1 蛋白和 Deg1 蛋白酶的影响及 SA 效应	邱翠花, 计玮玮, 郭延平 (3802)
覆膜对土壤-莴苣体系氮素分布和植物吸收的影响	李丽丽, 李非里, 刘秋亚, 等 (3811)
基于空间分带的崇明东滩水鸟适宜生境的时空动态分析	范学忠, 张利权, 袁 琳, 等 (3820)
驯鹿对苔藓植物的选择食用及其生境的物种多样性	冯 超, 白学良 (3830)
北京城市绿地调蓄雨水径流功能及其价值评估	张 彪, 谢高地, 薛 康, 等 (3839)
专论与综述	
冻土甲烷循环微生物群落及其对全球变化的响应	倪永清, 史学伟, 郑晓吉, 等 (3846)
哺乳动物毛被传热性能及其影响因素	郑 雷, 张 伟, 华 彦 (3856)
期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 33 * 2011-07	



封面图说: 滇金丝猴是我国特有的世界珍稀动物之一, 属国家一级重点保护物种。仅生活在滇藏交界处的高寒云冷杉林中, 是我国川、滇、黔三种金丝猴中唯一具有和人类一样美丽红唇的金丝猴。手中的松萝是它最喜爱的食物之一。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

胡琬君, 马丹炜, 王亚男, 张红, 李群. 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力. 生态学报, 2011, 31(13): 3684-3690.

Hu W J, Ma D W, Wang Y L, Zhang H, Li Q. Allelopathic potential of volatile oil from *Chenopodium ambrosioides* L. on root tip cells of *Vicia faba*. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(13): 3684-3690.

土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞的化感潜力

胡琬君¹, 马丹炜^{1,2,*}, 王亚男^{1,2}, 张 红^{1,2}, 李 群^{1,2}

(1. 四川师范大学生命科学学院, 成都 610101; 2. 四川师范大学细胞生物学研究室, 成都 610101)

摘要:化感作用是外来植物成功入侵的机制之一。以蚕豆根尖为材料, 采用 DNA Ladder 分析技术和蚕豆根尖微核技术, 分析了入侵植物土荆芥挥发油经土壤载体诱导的细胞凋亡以及对细胞的遗传损伤。结果表明: (1) 经挥发油处理 24 h 和 48 h, 低剂量 ($<5 \mu\text{L}$) 挥发油对蚕豆根的生长与根尖细胞有丝分裂具有显著的促进作用, 但随着处理剂量增大 ($>5 \mu\text{L}$) 和处理时间延长, 根的生长与细胞有丝分裂过程明显受到抑制。 (2) 挥发油具有诱导染色体畸变的效应, 根尖细胞微核率随处理剂量增加和时间延长而增大, 但当挥发油剂量大于 $15 \mu\text{L}$, 这种诱导效应降低。 (3) 通过 DNA Ladder 分析, 经挥发油处理后根尖细胞发生了凋亡, 其中 24 h 处理组 DNA 未发生特异性降解, 当剂量大于 $15 \mu\text{L}$ 处理 48 h 和剂量大于 $10 \mu\text{L}$ 处理 72 h 后, DNA 开始发生特异性降解, 形成 DNA Ladder, 表明随着挥发油剂量增大和作用时间延长, 细胞凋亡过程加剧。研究结果表明土荆芥释放的挥发性化感物质能以土壤为载体对根细胞产生影响。

关键词:土荆芥; 挥发油; 根尖细胞; 遗传损伤; 细胞凋亡; 化感作用

Allelopathic potential of volatile oil from *Chenopodium ambrosioides* L. on root tip cells of *Vicia faba*

HU Wanjun¹, MA Danwei^{1,2,*}, WANG Yanan^{1,2}, ZHANG Hong^{1,2}, LI Qun^{1,2}

1. College of Life Science, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China

2. Cell Biology Laboratory, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China

Abstract: *Chenopodium ambrosioides* L., one of the aromatic herbaceous species of the *Chenopodium* genus, native to tropical America, has become major invasive plant in China. It was first recorded in Tamsui, Taipei County in 1864. Since then, it has spread extremely rapidly, now it can be found in Shandong, Shanxi, Zhejiang, Jiangxi, Fujian, Taiwan, Guangdong, Hainan, Hunan, Hubei, Guizhou, Yunnan, Sichuan Provinces, the Guangxi Zhuang Autonomous Region, Beijing, Shanghai, Chongqing and Hongkong cities, posing threat to local biodiversity and economics. It is extremely difficult to control or eradicate *C. ambrosioides*. Allelopathy is one of the mechanisms by which invasive alien species invade successfully. Invasive plant may release allelochemicals into the environment by leaching, root exudation, volatilization, residue decomposition and other processes. Allelopathy of these allelochemicals could be achieved by soil media. The volatile oil from *C. ambrosioides* was extracted by steam distillation, and genetic toxicity and apoptosis of root tip cells of *V. faba* induced by volatile oil in soil were investigated using *V. faba* root tip micronucleus assays and DNA ladder analysis technique. The results showed that lower dose ($5 \mu\text{L}$) volatile oil promoted root growth and mitosis of root tip cells of *V. faba*, but root growth and mitotic indexes were inhibited with the increase of dose ($>5 \mu\text{L}$) and prolonging of action time. The aberrant chromosomes of *V. faba* root tip cells such as micronucleus, chromosome bridge, chromosome break, chromosome lag, chromosome conglutination, chromosome loop and multi-pole divide induced by the volatile oil in

基金项目: 四川省应用基础项目 (2009JY0065); 四川师范大学校级项目 (08KYL05, 10MSL01)

收稿日期: 2011-01-17; 修订日期: 2011-04-18

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: danwei10ma@yahoo.com.cn

soil were observed. The volatile oil from *C. ambrosioides* was shown to induce increased micronucleus frequency of root tip cells, but this increased effect gradually decreased along with the increasing dose of volatile oil. DNA ladder analysis of root tip cells revealed that volatile oil can induce apoptosis, in a dose-and time-dependent manner. The progressive delineation of fragmented DNA was coincident with the appearance of DNA ladder was observed after being exposed to >15 μL volatile oil for 48 h and >15 μL volatile oil for 72 h. These results suggested that the volatile oil from *C. ambrosioides* was shown to be with significant allelopathic potential on root cells mediated by soil.

Key Words: *Chenopodium ambrosioides* L.; volatile oil; root tip cells; genetic damage; apoptosis; allelopathy

土荆芥(*Chenopodium ambrosioides* L.)为藜科藜属1年生或多年生芳香性草本植物,原产热带美洲,通过人类活动裹挟进入我国,1864年在台北淡水首次采集到标本,现广泛分布于我国南方各省和北方部分省市,通常生长在路边、河岸等处的荒地以及农田中,在长江流域经常是杂草群落的优势种或建群种,种群数量大,对生长环境要求不严,极易扩散^[1],常常排挤入侵地的其他植物,威胁当地的生物多样性,2010年1月被列入《中国第二批外来入侵物种名单》(环发[2010]4号)。越来越多的证据表明,外来植物在新生境中为了争取更多的资源和空间,使其成为优势种群,往往通过雨雾淋溶、自然挥发、根系分泌和植株分解等途径不断向周围环境释放化感物质,抑制周围植物的生长发育^[2-5],植物不论通过何种途径释放化感物质最终都将进入土壤,影响周围植株的根系生长^[5],进而影响整个植株的生长。关于土荆芥的化感作用的研究大多集中在对周围植物种子萌发和幼苗生长的影响方面^[6-8],而有关土荆芥挥发油通过淋溶途径进入土壤后对其他植物根尖细胞的影响尚未见到相关研究报道。蚕豆根尖微核技术是检测细胞遗传损伤的一种有效方法,以其高效、敏感、简便的优点被广泛应用于环境中的致畸变和致突变化合物的检测^[9]。本研究运用蚕豆根尖微核技术和DNA Ladder分析技术,用不同剂量的土荆芥挥发油以不同时间处理蚕豆根尖,通过检测蚕豆根尖有丝分裂指数、细胞微核率、染色体畸变以及DNA Ladder分析,揭示了土荆芥挥发油在细胞水平上的化感作用,并为深入了解土荆芥的化感作用机制和入侵机制提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

供体植物土荆芥植株采自四川师范大学周边荒地,受体植物蚕豆种子购至成都市种子市场(成胡14[#])。实验所用土壤采自四川师范大学生命科学学院实验地的表层浮土,自然风干后过1 mm土壤筛备用。

1.2 实验方法

1.2.1 土荆芥挥发油的提取

土荆芥挥发油的提取参照孟庆会等^[10]的方法,挥发油中的水分用无水 CaCl_2 除去,得到淡黄色的挥发油,该挥发油具有浓烈的芳香味。

1.2.2 材料培养及处理

选择饱满、健康无损伤的蚕豆种子,用蒸馏水漂洗2次,用0.5% KMnO_4 浸泡10 min,洗净后用蒸馏水浸种24 h,其间每12 h换水1次。将充分吸胀的蚕豆均匀置于铺有湿润纱布的洁净磁盘中,其上再覆盖一层湿润纱布,放入 $(25\pm 1)^\circ\text{C}$ 的培养箱中避光培养至种子露白。将露白种子移至直径为9 cm的培养皿中,每个培养皿放置5粒种子,覆盖土壤。分别将5、10、15、20 μL 土荆芥挥发油加入15 mL蒸馏水中,用漩涡振荡器混匀,均匀浇于土壤上,盖上培养皿盖,置于 $(25\pm 1)^\circ\text{C}$ 下,分别避光培养24、48、72 h,每测定指标每处理重复5次,以蒸馏水作对照。

1.2.3 根长的测定

处理结束后,测定根长。

1.2.4 有丝分裂指数、微核率和染色体畸变的测定

选取根长萌发至0.5 cm的种子按照1.2.2的方式进行处理,将处理结束后的种子用蒸馏水浸洗3次,每

次 3 min,移至 25 ℃ 恒温箱中恢复培养 24 h 后切取长度为 1 cm 左右,用 Carnoy 固定液固定 24 h,70% 乙醇 4 ℃ 保存备用。取固定根尖用 1 mol/L HCl 60 ℃ 进行解离,用 Schiff 试剂进行染色,压片,镜检^[11]。每个根尖计数 1000 个细胞,每处理计 5 个根尖。Nikon E200 摄影显微镜拍照。有丝分裂指数用根尖中分裂期细胞占根尖细胞总数的百分率表示;微核率用根尖分生区间期细胞出现微核的千分率表示。

1.2.5 根尖 DNA 的提取与分析

采用 CTAB 法^[12]提取经挥发油处理过的蚕豆根尖细胞 DNA。以 DNA marker II 作参照,用 w/v = 1.5% 琼脂糖凝胶电泳(0.5×TBE),电压 6 V/cm,电泳时间 2 h,EB 染色,凝胶成像系统照相。

1.3 数据统计

利用 Excel 2003 和 SPSS 18.0 对数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 土荆芥挥发油对蚕豆根长的影响

根据图 1 可知,除了在 5 μL 土荆芥挥发油处理 24 h 和 48 h 后,蚕豆幼根长度显著大于对照组($P < 0.05$)外,其余处理组蚕豆幼根生长均受到显著抑制($P < 0.05$),这种抑制效应表现为剂量效应和时间效应。其中 20 μL 土荆芥挥发油处理组处理 72 h 后,蚕豆根长仅为对照组根长的 11.7%。形态学观察表明,在土荆芥挥发油处理下,蚕豆根尖表现出明显的受害症状,如根加粗、褐化,这种症状随剂量增大和时间的延长而加剧,最终幼根变黑、烂根。

2.2 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响

在土荆芥挥发油处理下,蚕豆根尖细胞的有丝分裂过程明显受到影响,处于分裂前期的细胞较多。由表 1 可以看出,在低剂量($\leq 5 \mu\text{L}$)挥发油处理 24 h 和 48 h 后,蚕豆根尖细胞有丝分裂指数显著提高($P < 0.05$),但是处理 72 h 后有丝分裂指数明显下降($P < 0.05$)。当挥发油剂量大于 5 μL 时,与对照相比,随着挥发油剂量增大和处理时间延长,蚕豆根尖细胞有丝分裂指数明显下降。有丝分裂过程中,前期、中期、后期和末期的有丝分裂指数也整体表现出类似的结果。统计各处理组 M 期各时相细胞数发现,前期细胞所占比例较大,但随着处理剂量增大和处理时间延长,前期细胞数量逐渐减少,当用 20 μL 挥发油处理 72 h 后,前期细胞数为 5 μL 挥发油处理 24 h 前期细胞数量的 76.34%。

2.3 土荆芥挥发油诱导的染色体畸变

2.3.1 染色体畸变

经土荆芥挥发油处理后的蚕豆根尖细胞出现了各种染色体畸变(图 2):间期主要呈现的畸变效应为间期微核;前期表现为前期微核、断片;中期表现为中期微核及游离染色体断片;后期表现为染色体的多极分裂、游离染色体断片及染色体分离滞后;末期表现出染色体粘连、断片、末期染色体环化、分离滞后等。

2.3.2 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞微核率的影响

土荆芥挥发油诱导了较高频率的微核,各处理组的微核率均显著高于对照组,在一定范围内表现出时间效应和剂量效应(表 2)。15 μL 挥发油处理 72 h,微核率达到最大。20 μL 挥发油处理组的微核率虽然小于 15 μL 处理组的微核率,但依然显著高于对照组。

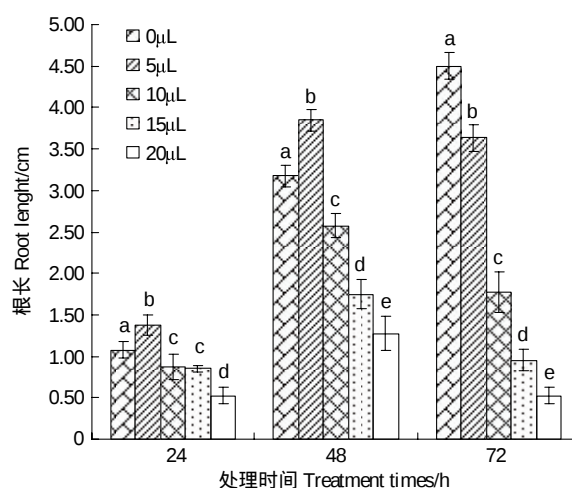


图 1 土荆芥挥发油对蚕豆根尖生长的影响

Fig. 1 Effect of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* on root tip growth of *Vicia faba*

同一时间处理组内不同小写字母代表处理间差异显著($P < 0.05$)

表 1 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞有丝分裂的影响

Table 1 Effect of essential oil from *Chenopodium ambrosioides* on mitosis of *Vicia faba* root tip cells

时间 Times/h	挥发油剂量 Dose of essential oil/ μL	有丝分裂指数 Mitotic index ($\bar{x}\pm\text{sd}$)/%				
		总有丝分裂指数 Mitotic index	前期 Mitotic prophase	中期 Mitotic metaphase	后期 Mitotic anaphase	末期 Mitotic final-phase
24	CK	9.5467 $\pm$ 0.105 a	6.7390 $\pm$ 0.129 a	0.8916 $\pm$ 0.065 a	0.9418 $\pm$ 0.098 a	0.9743 $\pm$ 0.066 a
	5	11.9101 $\pm$ 0.588 b	8.3442 $\pm$ 0.377 b	1.2982 $\pm$ 0.066 b	1.0504 $\pm$ 0.165 a	1.2173 $\pm$ 0.123 b
	10	8.3127 $\pm$ 0.093 c	5.4925 $\pm$ 0.130 c	0.9069 $\pm$ 0.097 a	0.9400 $\pm$ 0.093 a	0.9733 $\pm$ 0.149 a
	15	7.7849 $\pm$ 0.085 d	5.0740 $\pm$ 0.136 d	0.9485 $\pm$ 0.100 a	0.9807 $\pm$ 0.101 a	0.7817 $\pm$ 0.095 c
	20	7.0316 $\pm$ 0.091 e	4.5604 $\pm$ 0.121 e	0.9955 $\pm$ 0.136 a	0.9781 $\pm$ 0.103 a	0.4977 $\pm$ 0.060 d
48	CK	9.4817 $\pm$ 0.149 a	6.3717 $\pm$ 0.210 a	0.9428 $\pm$ 0.106 a	0.9760 $\pm$ 0.119 a	1.1912 $\pm$ 0.067 a
	5	11.0952 $\pm$ 0.171 b	7.2161 $\pm$ 0.192 b	1.7100 $\pm$ 0.348 b	1.2469 $\pm$ 0.112 b	0.9222 $\pm$ 0.135 b
	10	7.4892 $\pm$ 0.082 c	4.8560 $\pm$ 0.119 c	0.9212 $\pm$ 0.100 a	0.8064 $\pm$ 0.105 c	0.9056 $\pm$ 0.062 b
	15	6.5833 $\pm$ 0.057 d	3.8074 $\pm$ 0.080 d	0.9307 $\pm$ 0.104 a	0.9473 $\pm$ 0.091 b	0.8978 $\pm$ 0.123 b
	20	5.5825 $\pm$ 0.072 e	3.2307 $\pm$ 0.146 e	0.9278 $\pm$ 0.072 a	0.7117 $\pm$ 0.088 c	0.7122 $\pm$ 0.094 c
72	CK	9.5044 $\pm$ 0.113 a	6.3589 $\pm$ 0.167 a	1.0986 $\pm$ 0.137 ab	1.0985 $\pm$ 0.069 a	0.9485 $\pm$ 0.137 a
	5	8.9780 $\pm$ 0.156 b	5.8046 $\pm$ 0.192 b	1.1405 $\pm$ 0.105 b	0.9257 $\pm$ 0.107 b	1.1072 $\pm$ 0.086 b
	10	6.7442 $\pm$ 0.066 c	3.8207 $\pm$ 0.133 c	0.9968 $\pm$ 0.085 abc	0.9632 $\pm$ 0.092 b	0.9635 $\pm$ 0.095 a
	15	5.5630 $\pm$ 0.043 d	3.0262 $\pm$ 0.104 d	0.9649 $\pm$ 0.131 ac	0.8841 $\pm$ 0.078 b	0.7063 $\pm$ 0.079 c
	20	4.5447 $\pm$ 0.093 e	2.4306 $\pm$ 0.095 e	0.9155 $\pm$ 0.082 c	0.5827 $\pm$ 0.059 c	0.6159 $\pm$ 0.095 c

不同字母代表不同剂量处理组间 0.05 水平上的差异 ($P<0.05$)

表 2 土荆芥挥发油对蚕豆根尖细胞微核率的影响

Table 2 The effect of essential oil effects from *Chenopodium ambrosioides* on the micronucleus frequency of *Vicia faba* root tip cells

挥发油剂量 Dose of essential oil/ μL	微核率 Micronucleus frequency (MCN% $\pm\text{sd}$)		
	24 h	48 h	72 h
CK	2.29 $\pm$ 0.42 a	2.48 $\pm$ 0.52 a	2.08 $\pm$ 0.48 a
5	5.10 $\pm$ 0.53 b	7.92 $\pm$ 1.08 b	5.50 $\pm$ 0.59 b
10	6.19 $\pm$ 0.43 c	9.38 $\pm$ 1.05 c	6.54 $\pm$ 0.50 c
15	10.02 $\pm$ 0.77 d	11.41 $\pm$ 0.42 d	12.86 $\pm$ 0.80 d
20	5.83 $\pm$ 0.68 bc	6.67 $\pm$ 0.68 e	7.71 $\pm$ 0.79 e

2.4 土荆芥挥发油诱导的细胞凋亡

经不同剂量挥发油处理后,蚕豆根尖细胞出现不同程度的凋亡(图 3)。可以明显看出,不同剂量挥发油处理 24 h 后,根尖细胞未发生凋亡,随着时间的延长,用 15 $\mu\text{L}/\text{皿}$ 挥发油处理 48 h 后开始出现 DNA Ladders 说明此时细胞已经开始凋亡;当处理时间达到 72 h 时,10 $\mu\text{L}/\text{皿}$ 的剂量便有 DNA Ladders 呈现,且条带的清晰度呈现剂量效应关系。

3 讨论

3.1 土荆芥挥发油对植物根生长的影响

本研究结果表明,土荆芥挥发油对蚕豆的生长和有丝分裂过程具有明显的化感效应。用土荆芥挥发油处理蚕豆根尖 24 h 和 48 h 后,低剂量挥发油(5 $\mu\text{L}/\text{皿}$)明显促进了蚕豆幼根的生长,但是随着处理时间延长和挥发油剂量增加,促进效应减弱,最终表现为抑制蚕豆幼根生长,如处理 72 h 后根的生长显著受到抑制,幼根变黑、变粗,这与 Hajjouji 等的研究一致^[13]。表明在低剂量处理时,蚕豆根的生长受到某种外界信号的刺激启动了自身“应急响应”,细胞内各种酶类的活性及表达量均在原有水平上有所提高^[14],以应对这种负面因素,使得细胞活性增强。可能是由于长时间处于胁迫状态,超出了细胞的耐受力,从而导致抑制根的伸长。

在土荆芥挥发油作用下,根尖分生区细胞的有丝分裂指数变化也和根长的变化表现出相似的结果,低剂量土荆芥挥发油具有促进蚕豆根尖细胞的有丝分裂,随着处理剂量增大和处理时间延长,细胞有丝分裂指数

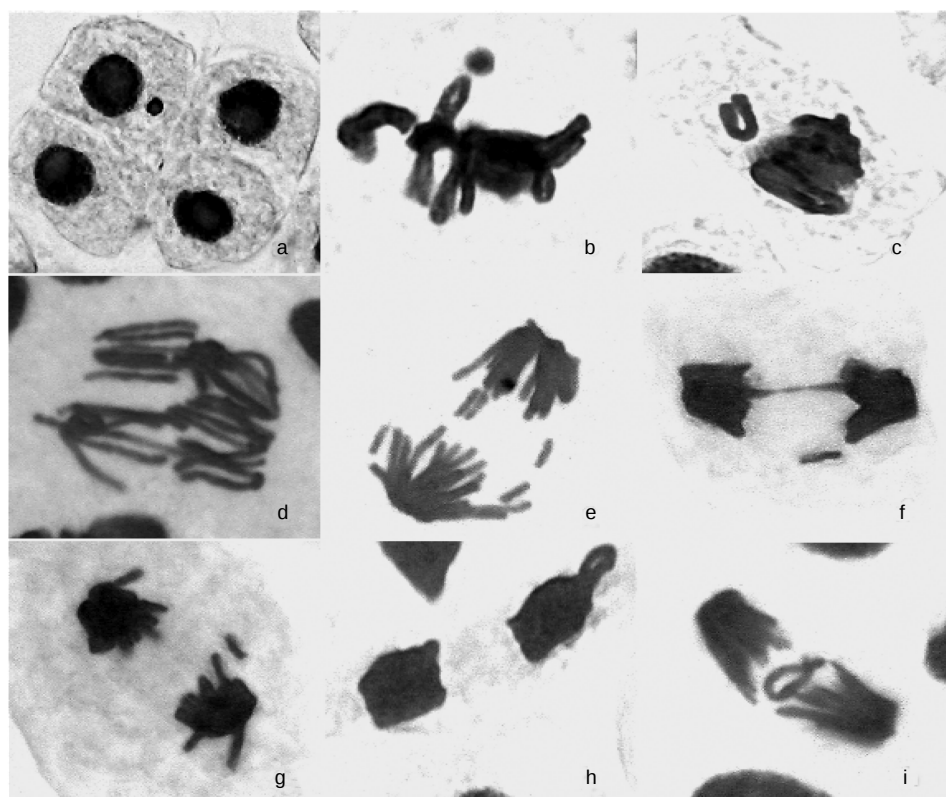


图2 土荆芥挥发油诱导蚕豆根尖细胞染色体畸变

Fig. 2 The aberrant chromosomes of *Vicia faba* root tip cells induced by of essential oil from *Chenopodium ambrosioides*

a. 间期微核, b. 中期微核, c. 前期断片, d. 纺锤体多极分裂, e. 后期断片, f. 末期断片与粘连, g. 末期断片, h. 末期环, i. 末期游离环

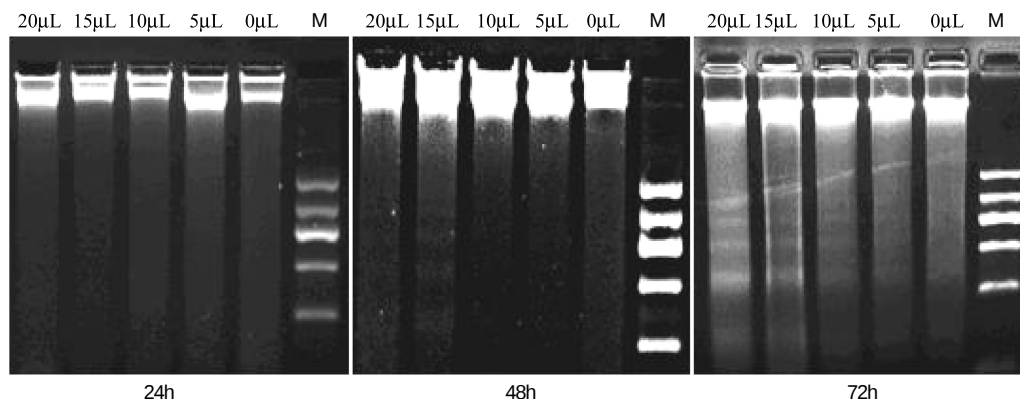


图3 土荆芥挥发油处理后蚕豆根尖细胞总 DNA 的电泳图

Fig. 3 Electrophoretic pattern of total DNA of *Vicia faba* root tip cells treated with s essential oil from *Chenopodium ambrosioides*

下降。通过统计有丝分裂各时相的细胞数发现,绝大多数细胞处于有丝分裂前期,但随着处理剂量增大,前期细胞比例逐渐减少。这在一定程度上说明土荆芥挥发油抑制了纺锤体微管蛋白的装配,使细胞分裂被阻滞在前期,而随着处理剂量增大,土荆芥的细胞毒性增大,伤害到间期细胞,导致细胞分裂不能进入前期。

3.2 土荆芥挥发油的细胞毒性

微核 (micronucleus) 产生是在细胞受到外界因素 (诱变剂、致畸致突变剂) 胁迫的情况下,染色体出现断裂或者纺锤丝形成受阻,在有丝分裂数后期和末期,滞后的染色体或染色体断片无法分配到两个子细胞中,最

终形成游离于主核的小核(微核)^[15]。本研究表明,经不同剂量土荆芥挥发油处理后,蚕豆根尖细胞出现多种类型的染色体畸变,微核率显著高于对照,在一定范围内呈现剂量效应和时间效应,当处理剂量为 15 μL 时,微核率达到最大值,这一结果与钱晓薇等^[16]和 Wu 等^[17]报道的结果类似。土荆芥挥发油可以导致 DNA 复制和修复受阻,在 S 期或 G₂ 期产生的片段或单条染色体在分裂期无法分配到子细胞中,进而使微核数增加,随着处理时间延长和剂量增大,挥发油可能导致了不可逆的细胞伤害,使细胞无法进入 M 期,分裂处于缓慢甚至停滞状态,从而又表现为 M 期微核数减少。通过核酸电泳结果显示,随着处理剂量增大和处理时间延长,根尖分生区细胞 DNA 发生特异性降解,出现梯状谱带(DNA ladder),表明土荆芥挥发油具有诱导细胞凋亡的效应。

造成微核数增多和细胞凋亡的因素很多,其中氧化胁迫也能够造成细胞微核数的增加^[18]和细胞凋亡^[19-21]。在本研究中,土荆芥挥发油诱导了较高的微核率和细胞凋亡,可能与土荆芥挥发油作用下蚕豆根尖细胞中活性氧的积累有关,但有关土荆芥挥发油引起的氧化损伤尚待进一步研究证实。

References:

- [1] Xu H G, Qiang S. Inventory Invasive Alien Species in China. Beijing: China Environmental Science Press, 2004: 91-92.
- [2] Gao X X, Li M, Gao Z J, Zhao Y, Zhang H J, Li Z Q, Song G C. The releasing mode of the allelochemicals in *Conyza canadensis* L. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(8): 1966-1971.
- [3] Liu Y H, Xie L, Luo S M, Chen S, Zeng R S. Allelopathy of invasive weeds: a simulation study with cellular automata model. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(2): 229-232.
- [4] Jarchow M E, Cook B J. Allelopathy as a mechanism for the invasion of *Typha angustifolia*. Plant Ecology, 2009, 204(1): 113-124.
- [5] Wang P, Wang Y, Kong C H. Allelopathy of plant volatile monoterpenes mediated by soil: a case study of *Ambrosia trifida* L. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(1): 62-68.
- [6] Jiménez-Osornio F M V Z J, Kumamoto J, Wasser C. Allelopathic activity of *Chenopodium ambrosioides* L. Biochemical Systematics and Ecology, 1998, 24(3): 195-205.
- [7] Wang J R, Ma D W, Tang L. Allelopathy of volatile oil from *Chenopodium ambrosioides* L. on receptors. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2009, 22(3): 777-780.
- [8] Zang H, Wang Y N, Liao Y, Li Q, Wang Y, Ma D W. Allelopathy of decomposition liquids from residue of *Chenopodium ambrosioides* after removing essential oil. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2010, 23(2): 547-550.
- [9] Dong Y R, Zhang J T. Testing the genotoxicity of coking wastewater using *Vicia faba* and *Hordeum vulgare* bioassays. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2010, 73(5): 944-948.
- [10] Meng Q H, Huang H J, Liu Y, Liu X G, Wei S H, Zhang C X. Chemical compositions and allelopathic potential of volatile oil from *Sorghum halepense* (L.) Pers. Acta Phytophylacica Sinica, 2009, 36(3): 277-282.
- [11] Tao S W. Effect of the length of root stalk on the micronuclei frequency in root-tip cells of *Vicia faba*. Guihaia, 2005, 25(5): 447-448.
- [12] Doyle J J. DNA protocols for plants-CTAB total DNA isolation // Hewitt G M, Johnston A, eds. Molecular Techniques in Taxonomy. Berlin: Springer-Verlag, 1991: 283-293.
- [13] El Hajjouji H, Pinelli E, Guisresse M, Merlina G., Revel J C, Hafidi M. Assessment of the genotoxicity of olive mill waste water (OMWW) with the *Vicia faba* micronucleus test. Mutation Research/ Genetic Toxicology and Environment Mutagenesis, 2007, 634(1/2): 25-31.
- [14] Pan J W, Zhu M Y, Chen H. Aluminum-induced cell death in root-tip cells of barley. Environmental and Experimental Botany, 2001, 46(1): 71-79.
- [15] Souguir D, Ferjani E, Ledoigt G, Goupil P. Exposure of *Vicia faba* and *Pisum sativum* to copper-induced genotoxicity. Protoplasma, 2008, 233(3/4): 203-207.
- [16] Qian X W. Teratogenic effect of copper acetic acid on *Vicia faba* root tip cells. Chinese Journal of Cell Biology 2005, 27(3): 351-357.
- [17] Wu L H, Yi H L, Yi M. Assessment of arsenic toxicity using *Allium/Vicia* root tip micronucleus assays. Journal of Hazardous Materials, 2010, 176(1/3): 952-956.
- [18] do Céu Silva M, Gaspar J, Silva I D, Leão D, Rueff J. Induction of chromosomal aberrations by phenolic compounds: possible role of reactive oxygen species. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 2003, 540(1): 29-42.
- [19] Kannan K, Jain S K. Oxidative stress and apoptosis. Pathophysiology, 2000, 7(3): 153-163.

- [20] Yu W H, Chen P, Wang L, Li X P. Advances in studies on programmed cell death (PCD) in plants. *Guihaia*, 2004, 24(2): 146-151.
- [21] Xia H L, Chen H M, Wu Y, Dai Y R. Hydroxyl radicals induce apoptosis of tobacco cells. *Acta Phytophysiologica Sinica*, 1999, 25(4): 339-342.

参考文献:

- [1] 徐海根, 强胜. 中国外来入侵物种编目. 北京: 中国环境科学出版社, 2004: 91-92.
- [2] 高兴祥, 李美, 高宗军, 赵亚, 张宏军, 李志强, 宋国春. 外来入侵植物小飞蓬化感物质的释放途径. *生态学报*, 2010, 30(8): 1966-1971.
- [3] 刘迎湖, 谢利, 骆世明, 陈实, 曾任森. 入侵杂草化感作用的细胞自动机模拟研究. *应用生态学报*, 2006, 17(2): 229-232.
- [5] 王朋, 王莹, 孔垂华. 植物挥发性单萜经土壤载体的化感作用——以三裂叶豚草 (*Ambrosia trifida* L.) 为例. *生态学报*, 2008, 28(1): 62-68.
- [7] 王晶蓉, 马丹炜, 唐林. 土荆芥挥发油化感作用的初步研究. *西南农业学报*, 2009, 22(3): 777-780.
- [8] 张红, 王亚男, 廖颖, 李群, 王煜, 马丹炜. 土荆芥去精油残渣腐解液化感作用的初步研究. *西南农业学报*, 2010, 23(2): 547-550.
- [10] 孟庆会, 黄红娟, 刘艳, 刘新刚, 魏守辉, 张朝贤. 假高粱挥发油化学成分及其化感潜力. *植物保护学报*, 2009, 36(3): 277-282.
- [11] 陶少武. 初生根长度对蚕豆根尖细胞微核率影响的研究. *广西植物*, 2005, 25(5): 447-448.
- [16] 钱晓薇. 乙酸铜对蚕豆根尖细胞致畸效应. *细胞生物学杂志*, 2005, 27(3): 351-357.
- [20] 于维华, 陈鹏, 王莉, 李小平. 植物细胞程序性死亡 (PCD) 的研究进展. *广西植物*, 2004, 24(2): 146-151.
- [21] 夏慧莉, 陈浩明, 吴逸, 戴尧仁. 羟自由基诱导烟草细胞凋亡. *植物生理学报*, 1999, 25(4): 339-342.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 13 July, 2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Spatiotemporal variation of plant community aspections in the north-subtropical zone of eastern China	CHEN Xiaoqiu, QI Xiaoran, A Shan, et al (3559)
Seasonal variations and environmental control impacts of evapotranspiration in a hilly plantation in the mountain areas of North China	HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al (3569)
Intra- and inter-specific variations in stem respiration for 14 temperate tree species in northeastern China	XU Fei, WANG Chuankuan, WANG Xingchang (3581)
Assessment of the ecological health of wetlands in Honghe supported by RS and GIS techniques	WANG Yihan, ZHOU Demin, SUN Yonghua (3590)
Phytoplankton community structure in Qinzhou Bay during flood season by analysis of HPLC photosynthetic pigment signatures	LAN Wenlu, WANG Xiaohui, LI Mingmin (3601)
Irreplaceability-based function zoning of nature reserves in the Three Rivers Headwater Region of Qinghai Province	QU Yi, WANG Xiulei, LUAN Xiaofeng, et al (3609)
Effects of snowmelt timing on individual growth and reproduction of <i>Pedicularis davidii</i> var. <i>pentodon</i> on the eastern Tibetan Plateau	CHEN Wennian, WU Yan, WU Ning, et al (3621)
Response of foliar $\delta^{13}\text{C}$ of <i>Quercus spinosa</i> to altitudinal gradients	FENG QiuHong, CHENG Ruimei, SHI Zuomin, et al (3629)
Soil water and nutrient characteristics of alfalfa grasslands at semi-arid and semi-arid prone to drought areas in southern Ningxia	REN Jingjing, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3638)
Aboveground biomass of natural <i>Castanopsis fissa</i> community at the Xiaokeng of NanLing Mountain, Southern China	LI Gen, ZHOU Guangyi, WANG Xu, et al (3650)
Impacts of grazing on herbage quality of the alpine and subalpine meadows within Wutai Mountain	ZHANG Yiping, JIANG Yuan, LIU Quanru, et al (3659)
Short-term effects of warming on growth and stoichiometrical characteristics of <i>Abies fabii</i> (Mast.) Craib seedling in Gongga mountain	YANG Liudong, YANG Yan, WANG Genxu, et al (3668)
Manganese stress on morphological structures of leaf and ultrastructures of chloroplast of a manganese hyperaccumulator, <i>Phytolacca americana</i>	LIANG Wenbin, XUE Shengguo, SHEN Jihong, et al (3677)
Allelopathic potential of volatile oil from <i>Chenopodium ambrosioides</i> L. on root tip cells of <i>Vicia faba</i>	HU WanJun, MA Danwei, WANG Yanan, et al (3684)
Contents and cycling of microelements in Karst urban poplar plantations	WANG Xinkai, TIAN Dalun, YAN Wende, et al (3691)
Fungal flora and population structure of polypores in the Great Xingan Mountains	CUI Baokai, YU Changjun (3700)
Growth competition characteristics of <i>Microcystis aeruginosa</i> Kutz and <i>Scenedesmus obliquus</i> (Turp.) Kutz under non-steady-state nutrient limitation	ZHAO Xiaodong, PAN Jiang, LI Jinye, et al (3710)
The characters of salt-tolerance at different growth stages in cotton	WANG Junjuan, WANG Delong, FAN Weili, et al (3720)
Assessment of tributyltin ecotoxicity using a model animal nematode <i>Caenorhabditis elegans</i>	WANG Yun, YANG Yanan, JIAN Fenglei, et al (3728)
Effect of oil exploitation on soil nematode communities in Daqing Oilfield	XIAO Nengwen, XIE Deyan, WANG Xuexia, et al (3736)
Effect of habitat degradation on soil meso- and microfaunal communities in the Zoigê Alpine Meadow, Qinghai-Tibetan Plateau	WU Pengfei, YANG Daxing (3745)
Characteristics of the soil environment of Dongting Lake wetlands and its response to the converting farmland to lake project	LIU Na, WANG Kelin, XIE Yonghong, et al (3758)
Modeling the changes of yield and deep soil water in apple orchards in Weibei rainfed highland	ZHANG Shehong, LI Jun, WANG Xuechun, et al (3767)
Potential soil N_2O emissions and its controlling factors under different land use patterns on hilly-gully loess plateau	QI Jinhua, HUANG Yimei, ZHANG Hong, et al (3778)
Comparison between physiological properties and cold tolerance under low temperature treatment during different growing stages of rice in northeast central region of China	SONG Guangshu, SUN Zhongfu, SUN Lei, et al (3788)
Effect of sulfur on chlorophyll fluorescence of flue-cured tobacco at maturation stage	ZHU Yinghua, TU Naimei, XIAO Hanqian, et al (3796)
Effects of high temperature and strong light on chlorophyll fluorescence, the D1 protein, and Deg1 protease in Satsuma mandarin, and the protective role of salicylic acid	QIU Cuihua, JI Weiwei, GUO Yanping (3802)
Effect of plastic film mulching on the distribution and translocation of nitrogen in soil-lettuce system	LI Lili, LI Feili, LIU Qiuya, et al (3811)
An analysis on spatio-temporal dynamics of suitable habitats for waterbirds based on spatial zonation at Chongming Dongtan, Shanghai	FAN Xuezhong, ZHANG Liquan, YUAN Lin, et al (3820)
The bryophyte consumed by reindeers and species diversity of bryophyte in reindeer habitats	FENG Chao, BAI Xueliang (3830)
Evaluation of rainwater runoff storage by urban green spaces in Beijing	ZHANG Biao, XIE Gaodi, XUE Kang, et al (3839)
Review and Monograph	
Advances in methane-cycling microbial communities of permafrost and their response to global change	NI Yongqing, SHI Xuwei, ZHENG Xiaoji, et al (3846)
Heat transfer property of mammal pelage and its influencing factors	ZHENG Lei, ZHANG Wei, HUA Yan (3856)

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 13 期 (2011 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 31 No. 13 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	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	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
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@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.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 70.00 元