

胜红蓟化感作用研究 VIII. 植株对花生和相关杂草的田间化感效应

陈建军, 孔垂华*, 胡 飞, 谭中文, 梁计南

(华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

摘要:在田间条件下,胜红蓟化感效应与处理植株的方式和时间显著相关。覆盖处理对花生出苗和生长不产生化感抑制效应,而是显示一定的促进效应,翻埋处理对花生出苗和生长都产生显著的化感抑制效应。然而覆盖处理 30d,翻埋处理 10d 后再播种花生,花生出苗均受显著抑制。两种处理都能减少许多杂草的萌发,但对不同种属杂草萌发的抑制作用有差异。进一步用高效液相色谱(HPLC)技术研究证实:覆盖处理条件下,胜红蓟植株直到第 14 天才向土壤中缓慢释放化感物质胜红蓟素,第 30 天达到最大值后逐渐减少。而翻埋处理的第 2 天,植株就向土壤中释放胜红蓟素,第 10 天达到最大值后缓慢减少,但第 26 天后土壤中胜红蓟素含量又上升,然后再逐步下降。这些结果显示不同处理条件下,胜红蓟植株对花生和相关杂草的田间化感效应是与胜红蓟植株在不同时间释放的化感物质在土壤中的存在状态和有效作用浓度显著相关的。

关键词:胜红蓟;化感效应;胜红蓟素;田间

Allelopathy of *Ageratum conyzoides* VIII. Allelopathic Effects of Residues on Peanut and Related Weeds in the Field

CHEN Jian-Jun, KONG Chui-Hua, HU Fei, TAN Zhong-Wen, LIANG Ji-Nan (Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(8): 1196~1201.

Abstract: *Ageratum conyzoides* is one of exotic weeds in South China and Southeast Asia. The allelopathic potential of *A. conyzoides* is one of the reasons that it becomes a dominant and widespread weed in managed ecosystems. However, in some specific agroecosystems, both the allelopathic potential and fertility of *A. conyzoides* residue can be beneficial to crops. In order to investigate allelopathic effects of *A. conyzoides* residue on peanut and related weeds in the field, treatments both mixed the residues of *A. conyzoides* into soil and covered soil by the residues of *A. conyzoides*, and 4 periods of seeding, 10d, 20d, 30d and 40d after conducting the two treatments, were designed respectively. The study showed that the two treatments had significant different effects on peanut both in releasing allelochemicals and other physical factors under field conditions. The seedling emergence of peanut sowed immediately after done treatments were inhibited in mixed and promoted in covered residues of *A. conyzoides*. However, peanut's seedling emergence would be inhibited both in 10 days after mixed *A. conyzoides* residues into soil and 30 days after covered soil with *A. conyzoides* residues. It revealed that the residues of mixed treatment released allelochemicals more quickly and accumulated more amounts of allelochemicals in soil than that of covered treatment. Under conditions of seeding immediately after done treatments, the growth of peanut

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39670141);广东省自然科学基金资助项目(960427);南开大学元素有机化学国家重点实验室开放基金资助项目(9803)

* 通讯作者 Author for correspondence

收稿日期:2001-06-19;修订日期:2002-03-23

作者简介:陈建军(1974~),男,湖南省临武县人,硕士。主要从事农业科学研究。

was not inhibited by covered treatment. However, peanut's growth was inhibited significantly by mixed treatment or seeding in 30 days after covered treatment. It demonstrated that the residues of mixed treatment released enough allelochemicals to inhibit the seedling emergence and growth of peanut. In two treatments of the field, it could be observed similar results that some kinds of weeds would be restrained to germinate and grow, and some would be promoted slightly or no influence.

Further research results by HPLC revealed that difference of allelopathic inhibitory effect of *A. conyzoides* residue on peanut and related weeds in different treatments of field resulted from effective concentrations of ageratochromene released by the residues in different period. It also showed that the residues slowly released ageratochromene into soil after 14 days in covered treatment. The effective concentrations of ageratochromene in soil reached maximum value after 30 days and then reduced gradually in covered treatment. The residues of mixed treatment began to release ageratochromene in second day, and the concentration of ageratochromene in soil reached maximum value in 10 days and then reduced gradually. And, content of ageratochromene in soil increased in 26 days, and then reduced gradually. The results demonstrated that the allelopathic inhibitory effects of *A. conyzoides* residue on peanut and related weeds significantly correlated with the different treatments and periods of the residues and effective concentration of ageratochromene released by the residues in soil.

Key words: *Ageratum conyzoides*; allelopathic effect; ageratochromene; in the field

文章编号:1000-0933(2002)08-1196-06 中图分类号:Q143,Q948.112 文献标识码:A

胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)原产中南美洲,现广泛分布于中国南方和东南亚各国,常侵入耕地对作物造成极大的危害。前期工作^[1,2]揭示了胜红蓟化感作用是在生态系统中成为统治种的重要原因,然而在某些农业生态系统中胜红蓟也可以作为一种很好的绿肥使用。如在柑桔园中引种胜红蓟,胜红蓟可以迅速排除其它杂草而成为统治种,但对柑桔树并不产生明显的竞争作用,而且覆盖或翻埋胜红蓟植株,可以增加土壤的肥力,改善柑桔树的生长条件。同时,胜红蓟也是很多柑桔害虫天敌的栖息场所。因此,在柑桔园中引种胜红蓟已在中国南方柑桔园中普遍实践,仅广东、广西和江西三省区,面积已达 135 000hm²^[3]。但在田间条件下,胜红蓟对相关作物和杂草的实际化感效应如何?胜红蓟对作物的化感抑制效应和其作为绿肥增加土壤肥力促进作物生长这对矛盾体的关系如何?如何在生产实践中克服胜红蓟所产生的不利化感效应,增强其抑制杂草、促进作物生长的有利正效应以及胜红蓟植株产生和释放的化感物质如何在土壤中转化等都是非常值得探讨和研究的问题。

1 材料和方法

1.1 实验材料和仪器

胜红蓟采自华南农业大学校园内,受试作物选用一种能产生根瘤菌的重要经济作物花生(*Arachis hypogaea*)。在热带亚热带地区,胜红蓟可以终年生长。因此,无论是春花生,还是秋花生,胜红蓟都是花生生长地中的主要杂草之一。

花生种子由广东省农业科学研究院提供。高效液相色谱(HPLC)仪使用美国惠普公司的 HP1100 型。胜红蓟素由本实验室从胜红蓟挥发油中经柱层析分离^[4]和人工合成的方法^[5]制备,柱层析硅胶和它的有机试剂均为市售分析纯商品。

1.2 胜红蓟植株的不同处理方式

在华南农业大学生态气象实验场内,随机选取 1×3m 的小区播种花生。春播在 2000 年 4 月初,秋播在 2000 年 9 月初。每个小区播 45 粒种子,规格 23×20cm,深度 5cm,按常规水平进行花生的栽培管理。土壤基本肥力指标为:pH=6.49,有机质 22.03g/kg,全氮 1.71 g/kg,有效氮 40.79mg/kg,全磷 0.23 g/kg,有效磷 13.8mg/kg,速效磷 12.9 g/kg,有效钾 102.5mg/kg(测定方法:有机质,重铬酸钾外加热法;氮,碱解扩散法;磷,NH₄F/HCl 浸提,钼锑抗比色法;钾,NH₄OAC 浸提,火焰光度法)。

胜红蓟植株处理方式:覆盖处理是将胜红蓟鲜植株切成 3~5cm,待花生播种后均匀地覆盖在小区土壤表面。翻埋处理是将已均匀覆盖胜红蓟植株的小区用铁铲将土壤(5~8cm 深)反复翻 4~5 次使植株碎片和土壤充分混合,然后再播种花生。随机区组设计,每个处理 3 次重复,设无胜红蓟植株覆盖或翻埋的为对照。

为了解不同播种时间各处理对花生出苗的影响,在不同小区分别用胜红蓟植株覆盖或翻埋后不立即播种花生,而是分别在 10d,20d,30d 和 40d 再播种花生。实验时间为 2000 年 9 月 1 日至 10 月 20 日,该时段广州地区的气温降水变化不大,所设四个时间对照花生出苗整齐均在 38 ± 1 (播种数为 45)株,各对照间出苗数没有显著差异,但不同处理的出苗数有显著变化。

胜红蓟植株在盛花期的化感作用最强^[2],因此,本实验一律采用盛花期的胜红蓟植株。覆盖和翻埋胜红蓟植株的用量根据文献推荐的用量以 $5200\text{kg}/\text{hm}^2$ 为标准折算^[6,7]。

1.3 田间数据调查方法

花生出苗和生长 在播种 5d 后,每天 9:30~10:00 同时观察并记录各个处理和对照小区的花生出苗情况(以花生子叶出土 2cm 为准)。每个小区选择同时出苗的 15 株花生,每隔 3d,在 10:00 记录花生的叶片数,直至花生开第一朵花止,以花生的叶片数变化作为花生生长速率的一个指标。在初花期,每个小区同时出苗的 15 株花生中各选择同花期的 5 株,仔细从土壤中取出,计算他们的苗高、根长、根瘤数和叶片叶绿素含量(测定采用文献^[8]的方法)。同样,在各小区选择 5 株代表性的样品,取出后仔细记录花生的分枝数,下针数和结果数以确定各种处理对花生生殖生长的影响。

杂草出苗的调查 在田间条件下,杂草种类较多,出苗时间不一,生长发育也不均匀。因此,胜红蓟植株不同处理方式对田间杂草的影响主要通过初期杂草出苗数来表达。在各个处理和对照小区自观察到有杂草出苗开始,连续记录 15d 各类杂草的出苗数目。对部分幼苗期不能断定种类的杂草,做好标记,至其生长后期确证其种类后再计算。

所有调查数据的统计分析采用 SPSS10.0 统计软件进行。

1.4 胜红蓟植株向土壤中释放的主要化感物质胜红霉素含量的测定

自处理的第 2 天开始取样,在胜红蓟植株覆盖和翻埋处理的各小区中随机取 3 处 0~5cm 深度的土壤 500g,充分混合后取 50g 备测,每隔 4d 取样 1 次,共 46d。将备测的土壤样品放入 500ml 三角瓶中,加 100ml 乙醚,振荡提取 3h 后过滤,滤液应为透明溶液,若浑浊则再次过滤(部分样品含有水珠,不进行除水处理),真空除去乙醚,立即加 2ml 甲醇溶解,样品进行 HPLC 测定(进样前,样品须经 $2\sim5\mu\text{m}$ 过滤头处理)。HPLC 条件:C18 反相柱(Hypersil 125 \times 4.0mm, $5\mu\text{m}$),以 45% 的甲醇和 55% 水混合溶剂为流动相,流速 1.5ml/min,检测波长 265nm。用 $300\mu\text{g}/\text{ml}$ 浓度的胜红霉素纯品的甲醇溶液为标样,测定相应色谱峰的保留时间和积分并换算出土壤样品中的胜红霉素含量。

2 结果与分析

2.1 不同处理胜红蓟植株对花生出苗的影响

不同处理胜红蓟植株对田间花生出苗的影响有显著的差异(图 1),播种后,在 15d 内覆盖处理的花生基本全部出苗,且出苗整齐。而翻埋处理的花生即使到 20d 出苗率不足 50%,而相应的对照自第 11 天开始出苗,陆续至 20d,出苗率也不足 80%。这些结果显示覆盖处理明显地促进花生的出苗,而翻埋处理则抑制花生的出苗。这可能是覆盖处理条件下,胜红蓟植株腐解缓慢,尚不能向土壤中释放有效浓度的化感抑制物质,同时植株覆盖改善了土壤的光温水等物理条件而促进花生的萌发。但翻埋处理,植株不能象覆盖一样改善土壤的光温水等物理条件,植株在翻埋条件下极易腐解而能向土壤中释放足够浓度的化感物质而对花生的萌发

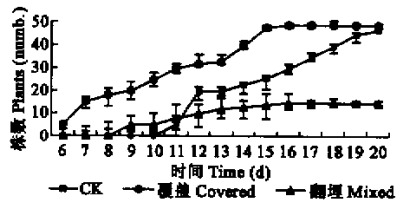


图 1 不同处理胜红蓟植株对花生出苗的影响

Fig. 1 Effects of *A. conyzoides* residues on seedling emergence of peanut under different treatments

产生抑制作用。

进一步研究发现:不仅胜红蓟植株处理方式对花生出苗的影响有差异,而且不同处理胜红蓟植株在不同时间也对花生出苗的影响表现出显著的差异(图2)。将胜红蓟植株覆盖或翻埋处理后不立即播种,而是放置不同时间后再播种花生。结果发现:覆盖处理30d才对花生出苗产生显著的抑制作用,而翻埋处理10d就对花生的出苗产生明显的抑制作用。很显然,造成这种差异的原因与不同处理的胜红蓟植株在不同时间腐解而向土壤释放化感物质的活性状态和有效作用浓度有关。覆盖40d和翻埋20d后,两种处理均不再抑制花生的出苗,显示土壤中的化感物质可能降解或转化成非活性状态而不再具有有效的活性状态和浓度。

2.2 不同处理胜红蓟植株对花生生长的影响

不同处理的胜红蓟植株对花生生长的影响也产生显著的差异(表1)。不论是春花生还是秋花生,覆盖处理测试的叶片数、根长、苗高、分枝数、根瘤总数、下针数和结荚果数都较对照高,而翻埋处理这些指标则比对照低,但两种处理的花生叶片的叶绿素含量均低于对照,尤其是翻埋处理。播种后覆盖胜红蓟对花生生长没有抑制作用,而覆盖30d后再播种花生,不仅影响花生出苗而且抑制花生的生长。这进一步表明翻埋处理的胜红蓟植株向土壤中释放的化感物质不是立即降解消失,而很可能是暂时转化成非活性状态,然后逐步产生抑制花生生长的有效活性状态和浓度,而对花生生长产生较持久的抑制效应。

表1 不同处理胜红蓟植株对花生生长的影响

Table 1 Effect of <i>A. conyzoides</i> residues on the growth of peanut under different treatments					
测试指标 Items	覆盖 Covered	翻埋 Mixed	对照 Control	覆盖 30* Covered 30*	对照 30* Control 30*
叶片数 Number of leaves	12.08±1.15a (11.34±1.03a)	9.67±0.98b (8.28±1.16c)	10.88±1.32b (10.20±1.42b)	9.38±1.16b —	12.83±1.35a —
根长(cm) Root length	20.82±2.10b (19.18±1.48b)	17.33±1.24c (18.01±2.53b)	19.91±1.22b (22.36±3.01a)	11.93±2.11a —	12.36±1.73a —
苗高(cm) Shoot height	44.87±2.84a (26.78±1.54a)	41.05±1.96c (25.96±2.41a)	44.67±3.85a (26.18±3.20a)	19.85±1.92b —	21.84±1.50b —
根瘤数 Numbers of nodules	86.38±2.46a (63.65±3.01a)	27.14±1.44c (47.00±3.11c)	67.00±1.93b (50.05±1.29b)	57.45±2.64d —	68.64±2.23b —
叶绿素含量(mg/L) Chlorophyll content	32.76±2.48b (33.89±3.02b)	32.17±3.16b (34.07±2.91b)	36.36±3.11a (39.79±2.69a)	30.09±1.23b —	35.90±1.11a —
分枝数 Numbers of branch	6.70±1.23a (8.5±0.23a)	6.00±0.89a (6.2±0.86b)	5.87±0.25a (6.9±2.10b)	2.27±0.48b —	2.99±0.15b —
下针数 Numbers of peg	19.50±1.00a (14.0±0.89a)	18.50±1.53a (19.0±0.89b)	19.10±0.54a (12.4±3.54a)	—	—
结荚果数 Numbers of pod	5.95±1.10a (7.7±0.77a)	4.20±0.28b (4.0±1.20b)	5.80±0.18a (6.4±2.34a)	—	—

* 植株覆盖30d后再播种,括号内为秋花生数据。数据表示3次重复的平均值±标准误,同行具有相同字母表示在0.05水平上差异不显著 * Planting was after covered 30d. Data of autumn peanut were in the brackets. Data are the mean value of three replicates and standard errors, it means no different at 0.05 level as the same letter in a row

2.3 不同处理胜红蓟植株对杂草的影响

田间条件下,覆盖和翻埋胜红蓟植株都能减少许多杂草的萌发(图3),但对不同种属杂草萌发的抑制作用有差异。对鬼针草(*Bidens pilosa*)、苋科的反枝苋(*Amaranthus retroflexus*)、刺苋(*A. Spinosa*)、绿苋(*A. Viridis*)等及禾本科的马唐(*Digitaria Sanguinalis*)等作用较强,对沙草科的香附子(*Cyperus rotundus*)、异穗苔草(*Carex heterostachya*)云南沙草(*Cyperus duclousii*)等、蓼科的白绒藜(*Polygonum Iapathifolium* Var. *Salicifolium* Sibth.)丛枝藜(*P. Caespitosum*)等、旋花科的欧洲菟丝子(*Cuscuta australis*)、中国菟丝子(*C. chinensis*)等的作用较弱。一般说来,胜红蓟覆盖和翻埋处理对以种子萌发的杂草来说,抑制作用比较强烈,对于以块茎等营养体萌发的杂草的抑制作用相对较弱,甚至没有抑制作用。除此之外,不同处理对不同种属杂草的影响也有差异。翻埋处理对反枝苋的抑制作用显著强于覆盖处理,而对香附子的抑制作用却弱于覆盖处理。两种处理对鬼针草和丛藜和中国菟丝子的抑制作用没有差异(图3)。

2.4 不同处理胜红蓟植株向土壤中释放化感物质的浓度和时间关系

不同处理胜红蓟植株对花生及相关杂草出苗和生长的影响差异如果是由于化感作用造成的,那么必然与胜红蓟植株在不同处理条件下向土壤中释放化感物质的浓度和时间有关。用高效液相谱(HPLC)对胜红蓟主要化感物质胜红蓟素在不同时间和处理条件下在土壤中的含量进行了测定。结果表明,胜红蓟植株在覆盖处理条件下直到第 14 天才向土壤中缓慢释放胜红蓟素,第 30 天达到最大值后逐渐减少。而翻埋处理的第 2 天,胜红蓟植株就向土壤中释放胜红蓟素,第 10 天即达到最大值,然后开始下降(表 2)。这一结果与不同处理条件下胜红蓟植株对花生出苗的田间化感抑制效应是一致的。但是,在翻埋处理条件下,胜红蓟植株释放

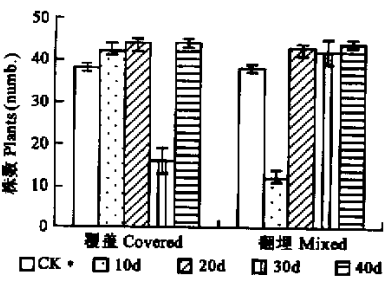


图 2 不同处理胜红蓟植株在不同时间内对花生出苗的影响
Fig. 2 Effects of *A. conyzoides* residues on seedling emergence of peanut under different treatments and periods

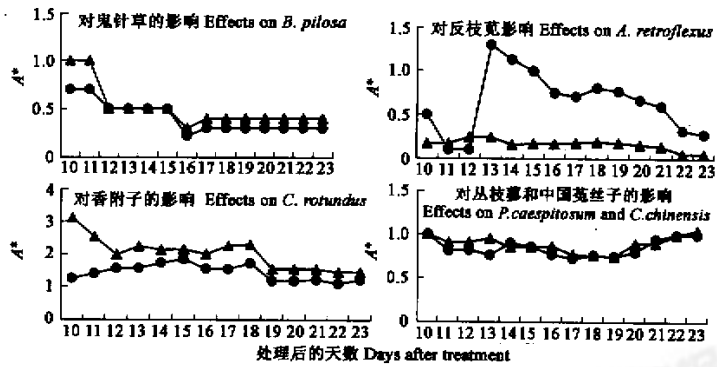


图 3 不同处理胜红蓟植株对不同种属杂草的影响

Fig. 3 Effects of *A. conyzoides* residues on seedling emergence of various weeds under different treatments
的胜红蓟素在土壤中的含量 10d 达到最大值并逐渐下降到一定的限度后,26d 又开始上升然后再下降。造成这一现象的原因是^[9]:胜红蓟素在土壤中不是按常规推理逐步降解成小分子,而是首先聚合转化成二聚体,使胜红蓟素含量降低,26d 后二聚体又解聚成胜红蓟素使土壤中胜红蓟素的含量再上升,随后胜红蓟素进一步降解成苯甲酸类物质、2-甲基丙酸和乙酸等小分子。这一结果进一步证实:翻埋处理的胜红蓟植株向土壤中释放的化感物质由于存在聚合贮存缓释过程,可以对花生生长产生持久的抑制效应,但覆盖处理由于不具有化感物质在土壤中的转化过程而对花生的生长难以形成持久有效的抑制作用。

表 2 不同处理条件下胜红蓟素在土壤中的含量(μg/g)变化

Table 2 Variations of ageratochromene amounts in the soil under different treatments		时间 Time(d)											
		2	6	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46
覆盖 Covered		*	*	*	18.46	180.12	315.71	492.31	618.97	545.66	323.28	213.50	77.63
翻埋 Mixed		71.31	299.68	747.16	617.19	521.04	274.94	518.39	525.88	400.5	237.10	129.30	54.25

* 痕量 Trace

3 讨论

为实现农业可持续发展,许多传统的农业生产技术,如作物秸秆还田和使用绿肥等近年又开始得到广泛的关注和应用。作物秸秆还田和绿肥使用可以增加土壤的有机质和营养元素含量,改善土壤的结构等

物理条件,促进农作物的生长发育,然而许多化学方面的因素往往被忽视^[10]。事实上,许多还田和作为绿肥的作(植)物能够产生和释放化学物质而对其它作(植)物显示化感抑制效应,甚至改变土壤的化学性质。因此,秸秆还田和绿肥使用都存在着增加土壤有机质和营养、改善土壤条件等促进作物生长的有利一面和产生释放化学物质抑制作物生长的不利一面,这两方面是一对矛盾体。然而只要认识和掌握这两方面的规律,在具体的生产实践中是可以克服不利因素,达到促进作物生长、抑制杂草的目的。

本研究揭示了在田间条件下,胜红蓟的化感抑制效应与植株的处理方式和时间显著相关,覆盖胜红蓟植株,30d 左右才能释放化感物质而表现出化感抑制效应,而翻埋处理从一开始就能释放化感物质而显示出化感抑制效应。因而采用胜红蓟植株覆盖对作物的化感抑制效应不明显,主要原因是大部分作物种子萌发和幼苗脆弱期都在 30d 前,30d 化感抑制效应影响时,一方面作物已度过受影响的最敏感时期,另一方面覆盖植株的腐解增加肥力和改善土壤生长条件的正效应可以抵消一部分化感物质抑制作用的负效应。而翻埋处理在 10d 左右就能表达化感抑制效应,这正是作物种子萌发的最关键时期,因而此时的化感效应对作物生长发育产生重要的影响。而且初期就采用覆盖处理对花生出苗和生长都会有促进作用,而翻埋处理则总是影响花生的出苗和后期的生长,根据这一结果,使用胜红蓟作为绿肥时不宜采用翻埋的处理方式。

植物化感作用的本质是植物产生并释放化感物质到环境中而影响其它植物的萌发和生长发育^[11]。除了少数活体植物能通过挥发和雨雾淋溶途径将化感物质直接传递给邻近植物外,大部分化感物质都要通过土壤媒介的滞留、转化和迁移等过程才能产生效应^[12]。而采用覆盖和翻埋处理的胜红蓟植株产生和释放的化感物质既然和土壤有关,他们就必然和土壤因子产生一系列的相互作用。本研究发现翻埋处理的胜红蓟植株产生和释放的主要化感物质胜红蓟素不仅影响花生的出苗,而且在土壤中存在一个可逆的聚合和解聚过程而对花生生长产生持久的抑制作用,显示出化感物质在土壤媒介中变化的复杂性。胜红蓟化感物质如何在土壤中转化?它们与土壤因子如何相互作用?转化物质结构和活性的关系等问题都是值得进一步研究探讨的。

参考文献

- [1] Kong C H, Hu F, Xu T, *et al.* Allelopathic potential and chemical constituents of volatile oil from *Ageratum conyzoides*. *J. Chem. Ecol.*, 1999, **25**:2347~2356.
- [2] Kong C H, Hu F and Xu X. Allelopathic potential of volatiles from *Ageratum conyzoides* under stress. *J. Chem. Ecol.*, 2002, **28**:1185~1194.
- [3] Liang W G, Huang M D. Influence of citrus orchard ground cover plants on arthropod communities in China: A review. *Agric., Ecosystems, and Environ.*, 1994, **50**:29~37.
- [4] Kong C H(孔垂华), Xu T(徐涛), Hu F(胡飞). Study on interactions among allelochemicals of *Ageratum conyzoides*. *Acta Phytocologica Sinica*(in Chinese)(植物生态学报), 1998, **22**:403~408.
- [5] Lu Y H(芦永辉), Kong C H(孔垂华), Dong C(董春) *et al.* Allelopathy of *Ageratum conyzoides* VII. Syntheses of analogs of ageratochromene and their inhibitory effects on plants and microorganisms. *Acta Ecologica Sinica* (in Chinese)(生态学报), 2001, **21**:890~859.
- [6] Liang J H(梁菊花), Sang J M(桑金梅), Liu S F(牛淑芳). Study and development of increasing production effect of using winter wheat straw covered in drought field in Southeast of Shanxi Province. *J. Shanxi Agric. Univ.* (in Chinese)(山西农业大学学报), 1999, **19**:173~175.
- [7] Cui F J(崔凤俊), Wang G Z(王国柱), Yi Z J(尹振君) *et al.* Influence of straw covered on soil in cotton fields. *Chinese Cotton*(in Chinese)(中国棉花), 1998, **25**(5):7~9.
- [8] Baziram-aberga R, Simard R R and Lexonx G D. Effects on benzoic and cinnamic acid on growth, mineral compositions and chlorophyll content of soyben. *J. Chem. Ecol.*, 1994, **20**:2821~2831.
- [9] Kong C H(孔垂华), Xu X H(徐效华), Chen J J(陈建军), *et al.* Allelopathy of *Ageratum conyzoides* IX. Transformation of main allelochemical in the soil. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报), 2002, **22**(8): 1189~1195.
- [10] Fujihara S and Yoshida M. Allelopathy of hairy (*Vicia villosa* roth) and its application for crop productions as cover material, *Bulletin of the Shikoku National Agricultural Experiment*, 1999, **65**:17~2.
- [11] Kong C H(孔垂华). Problems needed attention on allelopathy research. *Chin. J. Appl. Ecol.* (in Chinese)(应用生态学报), 1998, **9**:332~336.
- [12] Cheng T Z(程天泽). Characterization of the mechanisms of allelopathy: Modeling and experimental approaches. *ACS Symp. Ser.*, **582**:132~141.