

外来植物黄顶菊根、茎、叶的化感作用初探

任艳萍, 江莎*, 古松*, 郑书馨, 赵娜

(南开大学, 天津 300071)

摘要 对黄顶菊[*Flaveria bidentis* (L.) Kuntze]营养器官进行了解剖学观察,发现其根、茎、叶均存在分泌结构或分泌物。以白菜(*Brassica pekinensis* Rupr.)作为受试植物,从白菜种子发芽率、幼苗的简化活力指数、幼苗下胚轴及胚根伸长、幼苗中叶绿素、丙二醛(MDA)及可溶性糖(WSS)含量等指标对黄顶菊根、茎和叶水浸提液的化感作用进行了探讨。研究发现,根、茎、叶的浸提液降低了白菜种子发芽率和幼苗胚根长度;幼苗中叶绿素a及总叶绿素随浸提液浓度的升高最终呈下降趋势;MDA和WSS含量随叶片和茎的浸提液浓度升高相应增加。白菜种子萌发及幼苗生长对黄顶菊不同器官浸提液反应有差异,其对叶片浸提液的浓度响应最明显。

关键词 黄顶菊; 白菜; 化感作用

中图分类号: Q 948; S 451 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.0529-1542.2009.03.009

Preliminary studies on allelopathy of the aqueous extracts of an alien plant, *Flaveria bidentis*

Ren Yanping, Jiang Sha, Gu Song, Zheng Shuxin, Zhao Na

(Nankai University, Tianjin 300071, China)

Abstract The possible allelopathic effects of the aqueous extracts of *Flaveria bidentis* (L.) Kuntze on seed germination, seedling growth, chlorophyll and total chlorophyll, melondialdehyde (MDA) and water soluble sugar (WSS) content of *Brassica pekinensis* Rupr. Jinqing 60 were investigated. The results showed that the germination percentage and root length were significantly reduced when applied with the aqueous extracts of different organs of *F. bidentis*. The contents of chlorophyll and total chlorophyll in *B. pekinensis* seedlings were gradually decreased as the concentration of the extracts became higher; the content of MDA and WSS in the seedlings were more sensitive to the extract concentrations of leaves and stems. Our findings were also supported by the secretory structures or secretions in the roots, stems and leaves of *F. bidentis* under light microscope. The results suggested that the allelopathy of *F. bidentis* might be the causative factor responsible for the observed reduction in seedling growth of *B. pekinensis*. Moreover, more allelochemicals existed in the leaves than in other organs of *F. bidentis*.

Key words *Flaveria bidentis*; *Brassica pekinensis*; allelopathy

黄顶菊[*Flaveria bidentis* (L.) Kuntze]是近年来新发现的一种外来植物,原产于南美洲,为一年生草本,分类学上隶属于菊科堆心菊族黄菊属^[1-3]。2001年首次在天津南开大学发现,目前在河北邯郸、邢台、衡水、沧州、廊坊、石家庄、保定等地不同程度发生,呈现以河北省中南部为中心向周边其他省市扩散趋势^[4]。黄顶菊给其入侵地生态系统造成了严重危害,并侵入农田,影响农作物生长,因此又被

称为“生态杀手”,已列入河北省补充植物检疫有害生物^[5-6]。黄顶菊对生境适应性强,耐盐碱和干旱,生态幅极为广泛,其繁殖能力异常强大,种子产量巨大,且种子小而轻,易于扩散^[4-7],具有相当强的入侵性。

有文献报道,黄顶菊对绿豆、小麦及一些伴生种种子的萌发和生长具有化感作用^[8-11]。化感作用(allelopathy)是植物普遍存在的一种化学生态防御

收稿日期: 2008-10-27 修订日期: 2008-12-23

基金项目: 天津市自然科学基金(07JCYBJC12400,07JCYBJC12500);国家林业局“948”项目(2006-4-02);国家重点基础研究发展计划项目(2007CB106802)

* 通讯作者 E-mail:jiangsha@nankai.edu.cn; songgu@nankai.edu.cn

机制,也是某些植物提高自身生存竞争力的化学手段^[12]。很多关于外来入侵种的研究表明,化感作用是导致其成功入侵的重要原因之一^[13-15]。化感物是植物对其他或自身进行化感效应的物质基础,主要是一些次生代谢产物,它们或从植物活体中分泌渗出或通过植株的腐烂分解释放到环境中,而这些化学物质像酚类、萜类和生物碱及其衍生物等都是种子萌发和幼苗生长的潜在抑制物^[16-19]。种子萌发和幼苗生长的生物检测是测评植物性毒素物质活性的主要方法^[20-21],因此在可控的实验室条件下检测黄顶菊潜在的化感作用是可行的。

对黄顶菊营养器官进行解剖学观察时发现,在黄顶菊的根、茎、叶中存在分泌结构及分泌物。基于这样的发现及黄顶菊在野外生长形成单优群落的现象,本研究以白菜作为受试植物,采用黄顶菊根、茎、叶的浸提液进行了种子萌发试验,以验证黄顶菊的化感作用及其化感物的分布和活性。

1 材料与方法

1.1 解剖学观察

2007 年 6~9 月在天津南开大学采集黄顶菊成熟叶片、幼茎、侧根等营养器官,FAA 固定液固定并保存,常规石蜡制片法制片,番红—固绿双重染色,切片厚度 8 μm ,Olympus BH-51 光学显微镜观察并照相。

1.2 化感作用试验

2007 年 9 月中旬在天津南开大学采集当年生黄顶菊的成熟植株,此时黄顶菊植株高约 1.5 m,呈单优群落生长。植株在室温下阴干。

1.2.1 浸提液的制备

分别取黄顶菊根茎叶粉碎后干物质 20 g 加入 200 mL 蒸馏水中浸泡,摇床振荡,48 h 后过滤定容至 200 mL 即得 10% 的浸提母液,4 $^{\circ}\text{C}$ 冰箱保存备用。试验时,根据需要将 10% 母液用蒸馏水稀释为 1.0%、2.5%、5.0%、7.5% 等浓度。

1.2.2 供试植物

白菜 (*Brassica pekinensis* Rupr.), 品种为津青 60。

1.2.3 种子萌发试验

采用培养皿滤纸法进行种子萌发试验。每皿播种 100 粒白菜种子。

培养条件为:25 $^{\circ}\text{C}$ 、光暗周期 L//D=12 h//12 h。以蒸馏水为对照,每处理 4 次重复。试验期间每天统计发芽数,并及时定量补充浸提液。培养至第 8 天统计发芽率,并称幼苗鲜重以计算简化活力指数,活力指数 $V_i = \text{发芽率} \times S$ (S 为幼苗鲜重)。

1.2.4 幼苗中叶绿素含量的测定

培养至第 4 天时测定:称取白菜幼苗 0.2 g,80% 丙酮提取,测 A 值^[22-23]。每处理 3 次重复。

1.2.5 白菜幼苗丙二醛(MDA)含量的测定

培养至第 7 天时测定:称取白菜幼苗 0.5 g,10% 三氯乙酸(TCA)提取,离心,取上清液 2 mL,与 0.6% 的硫代巴比妥酸(TBA)2 mL 混合后水浴,快速冷却,离心后测上清液 A 值^[23-25]。

1.3 数据处理

采用 Excel 2003 和 SPSS 13.0 对数据进行处理,分析结果以平均值 $\pm$ 标准误差表示,并对数据进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 黄顶菊根、茎、叶分泌结构

黄顶菊较老的根中形成层明显,形成层外的韧皮部分布着分泌结构,幼根的皮层组织中有大量被染色的分泌物(图 1a、d);茎的横切面上,具多个维管束,在维管束外围的皮层组织中相间分布着分泌结构(图 1b、e);黄顶菊叶为等面叶,叶肉组织中维管束极为发达,横切面上可看到主脉维管束为双韧维管束,其远轴面的薄壁组织区分布着分泌结构(图 1c、f)。

2.2 黄顶菊根、茎、叶浸提液对白菜种子萌发的影响

2.2.1 对白菜种子萌发的影响

由图 2 看出:黄顶菊根、茎、叶不同浓度的浸提液均影响白菜种子的发芽。随浸提液浓度升高,种子发芽率均呈下降趋势,不同器官提取液对白菜种子发芽的抑制程度为:叶片>茎>根。在 5% 和 7.5% 叶片浸提液中,白菜种子发芽率与对照差异极显著,且这两个处理间也同样达到极显著差异。

黄顶菊根、茎、叶不同浓度浸提液处理下,白菜幼苗活力指数均表现先升高再下降的趋势,但活力指数最大值出现的浸提液浓度因营养器官的不同而不同。根和茎浸提液浓度为 5% 处理时白菜幼苗活力指数最高,而叶片浸提液 1% 浓度

时白菜幼苗活力指数就达最高值。最高值出现后,随叶片浸提液浓度增加幼苗活力指数明显降低,各处理间差异极显著。茎浸提液对幼苗活力

指数的影响与叶片浸提液相近,而根浸提液处理浓度范围内一定程度上促进了白菜幼苗的活力指数的增加(图3)。

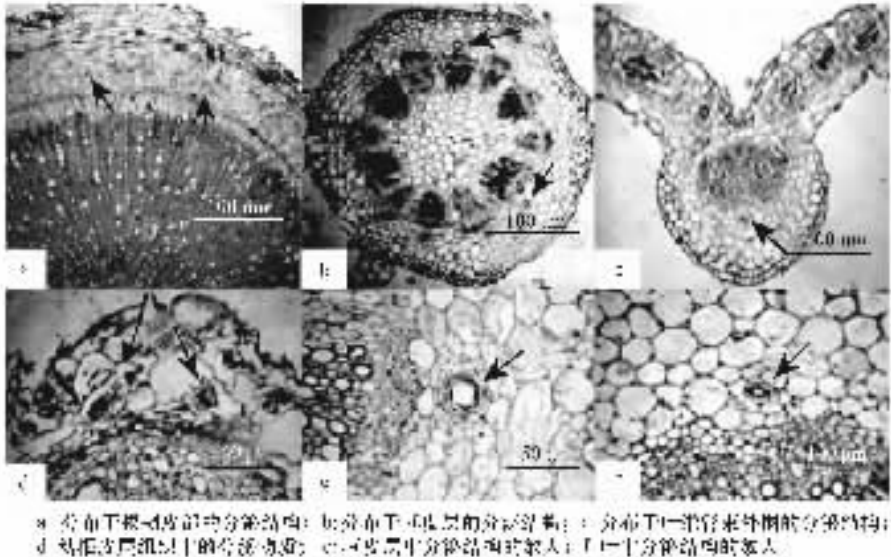


图1 黄顶菊根、茎及叶横切面的解剖结构

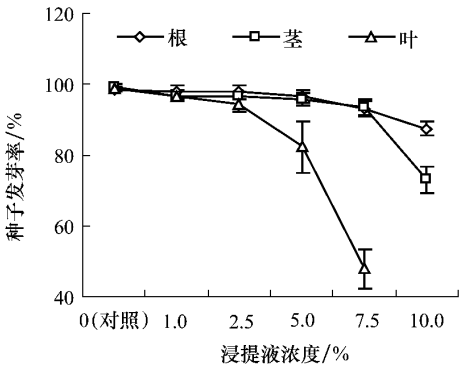


图2 黄顶菊根、茎和叶浸提液对白菜种子发芽率的影响

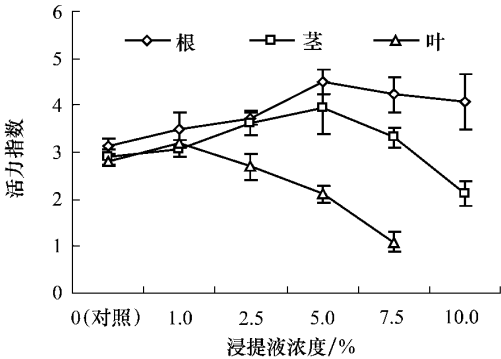


图3 黄顶菊根、茎和叶浸提液对白菜幼苗活力指数的影响

2.2.2 对白菜幼苗下胚轴及胚根伸长的影响

图4是黄顶菊不同器官浸提液处理白菜幼苗下胚轴长度,由此看出:根浸提液处理,幼苗下胚轴长度与浸提液浓度成正相关,即随浓度升高,下胚轴逐渐伸长;茎的浸提液在一定浓度范围也促进了下胚轴的伸长,但当其浓度达到7.5%后则显著抑制下胚轴的伸长。叶片浸提液在1%浓度时对幼苗下胚轴伸长起促进作用,之后,随浓度增加,下胚轴长度受到严重抑制。

相对于下胚轴伸长,幼苗根长对各器官浸提液的响应基本一致。随根、茎、叶浸提液浓度升高,白菜幼苗的根长呈逐渐下降趋势。其中,叶片浸提液处理下,白菜幼苗根长对浸提液浓度的响应最为强烈(图5)。

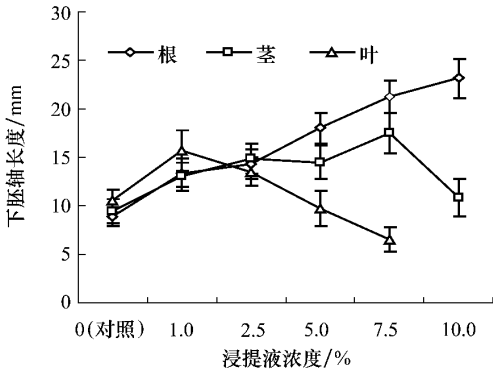


图4 黄顶菊根、茎和叶浸提液对白菜幼苗下胚轴伸长的影响

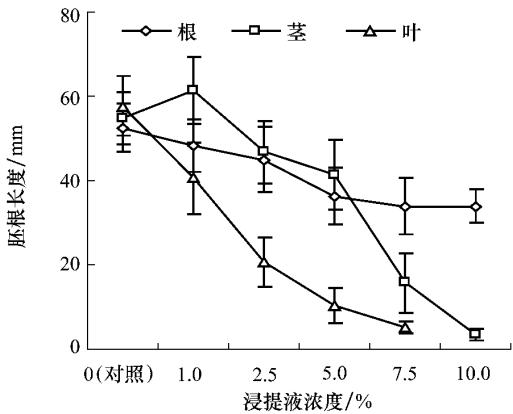


图 5 黄顶菊根、茎和叶浸提液对白菜幼苗胚根伸长的影响

2.3 黄顶菊根、茎、叶浸提液对白菜幼苗生理生化指标的影响

2.3.1 对白菜幼苗中叶绿素的影响

由图 6 看出:白菜幼苗中叶绿素 a 的含量随各器官浸提液浓度升高均呈下降趋势。在根浸提液处理下叶绿素 a 的含量表现为逐渐下降,而在茎和叶浸提液处理下均表现为先下降再略有升高而后又下降。

2.3.2 对白菜幼苗中丙二醛(MDA)和可溶性糖(WSS)含量的影响

由图 7 看出,白菜幼苗中 MDA 含量对不同器官浸提液的响应程度不同:叶片浸提液对幼苗中 MDA 的影响最为显著,随浸提液浓度升高,白菜幼苗中 MDA 含量也随之升高;茎浸提液低浓度时,白菜幼苗中 MDA 含量下降,浓度为 2.5% 以上处理,MDA 含量升高;根浸提液处理,MDA 含量基本表现持续下降。

白菜幼苗中 WSS 含量的变化趋势同 MDA 变化一致(图 7)。

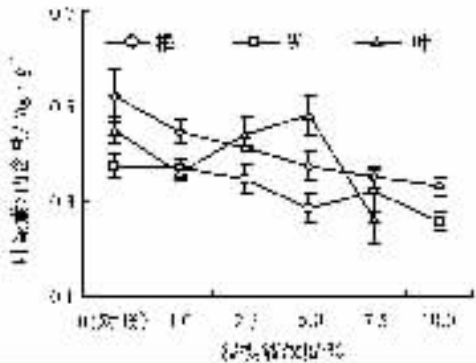


图 6 黄顶菊根、茎和叶水浸提液对白菜幼苗中叶绿素 a 的影响

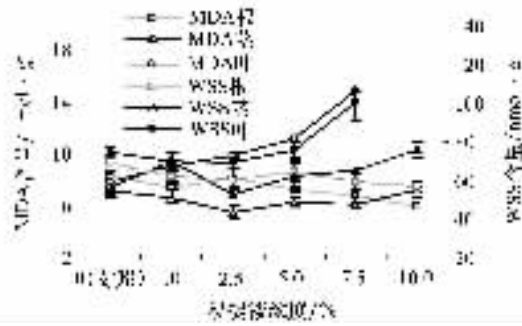


图 7 黄顶菊根、茎和叶水浸提液对白菜幼苗中 MDA 和 WSS 的影响

3 讨论与结论

黄顶菊根、茎、叶浸提液使白菜种子的发芽率和胚根长降低,这表明黄顶菊根、茎、叶的水浸提液中存在化感抑制物质。野外调查发现,黄顶菊一般呈单优群落生长,结合本文的试验数据,可以推测化感物质可能降低了其他物种的发芽率,使黄顶菊在生长初期即占据了生存空间;黄顶菊在营养生长阶段即可形成优势群落,可能与其营养器官中化感物质对其他物种的生长抑制有关。抑制幼苗胚根伸长可能是由于提取液中的化感物抑制了细胞分裂和伸长进而抑制种子萌发和幼苗生长造成的^[26-27]。

孔垂华等发现,胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)的化感物质能显著降低受体植物的叶绿素含量或叶绿素合成的酶系统^[28]。前人研究表明,在化感物质胁迫下植物光合作用减弱,可能是化感物质影响了叶绿素代谢^[29]。黄顶菊供试器官较高浓度的浸提液有可能是通过影响叶绿素代谢使白菜幼苗中的叶绿素含量减少。

MDA 是膜脂过氧化产物,其含量常被作为脂质过氧化指标,反映细胞膜脂质过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱^[30-31]。MDA 是一种有害物质,其含量增多,说明组织中活性氧水平升高,酶系统和细胞膜结构被损伤,组织发生了氧化胁迫^[32]。黄顶菊叶片浸提液胁迫使白菜幼苗中 MDA 含量增加,幼苗生长受损。茎浸提液低浓度时可对幼苗组织起保护作用,而在高浓度时,则使白菜幼苗受损伤。

一些研究报道证实,化感作用大体上是一种选择机制,在化感物质的类型及其释放途径上、化感物质在植物组织中的分布、受体及受体对化感物质的耐受性等方面存在差异^[33-34]。本研究中,选用白菜作为受试植物,从种子萌发及幼苗生长、幼苗中叶绿素及 MDA 和 WSS 含量等指标分析表明:黄顶菊叶

片浸提液对白菜发芽的化感效应最显著,据此推测,黄顶菊的化感物质大多分布在叶片组织中;其次是茎,而根中含量较少。

化感作用是生态系统中植物间自发进行的化学调控,是植物和有机体对环境的一种适应机制^[35],也是外来植物能够成功入侵的重要原因。菊科植物中至少有 39 个属存在化感作用,这些植物中鉴定出的化感物多为萜类、聚乙炔类、酚类、有机酸类等,对多种受试植物表现出不同程度的抑制或促进效应^[36]。黄顶菊是最近几年传入我国并开始其入侵进程的,将其作为模式植物研究其入侵过程,特别是对其化感作用进行深入探讨,将为研究外来植物的入侵机理提供新的素材。

参考文献

- [1] Powell A M. Systematics of *Flavaria*[J]. Annals of the Missouri Botanical Garden, 1978, 65 (2): 590 - 636.
- [2] 高贤明,唐廷贵,梁宇,等. 外来植物黄顶菊的入侵警报及防控对策[J]. 生物多样性,2004,12(2):274 - 279.
- [3] 刘全儒. 中国菊科植物一新归化种——黄菊属[J]. 植物分类学报,2005,43(2):178 - 180.
- [4] 李香菊,王贵启,张朝贤,等. 外来植物黄顶菊的分布、特征特性及化学防除[J]. 杂草科学,2006(4):58 - 61.
- [5] 王民. 外来有害生物黄顶菊入侵河北[J]. 农村实用技术,2006,27:31.
- [6] 任英. 黄顶菊发生规律初探[J]. 植物检疫,2006,20(5):329 - 330.
- [7] 芦站根,周文杰. 外来植物黄顶菊潜在危险性评估及防除对策[J]. 杂草科学,2006(4):4 - 6.
- [8] 周文杰,李建明,芦站根. 外来植物黄顶菊水浸提液对绿豆种子萌发及生长的影响[J]. 江苏农业科学,2007(4):72 - 74.
- [9] 周文杰. 黄顶菊对小麦种子化感作用的初步研究[J]. 衡水学院学报,2008,10(1):59 - 62.
- [10] 李素静. 黄顶菊化感作用的研究[J]. 陕西农业科学,2007(6):80 - 81.
- [11] 李香菊,张米茹,李咏军,等. 黄顶菊水提取液对植物种子发芽及胚根伸长的化感作用研究[J]. 杂草科学,2007(4):15 - 19.
- [12] 孔垂华,胡飞. 植物化感(相生相克)作用及其应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001:202 - 226.
- [13] 胡飞,孔垂华. 胜红蓟化感作用研究[J]. 水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定[J]. 应用生态学报,1997,8(3):304 - 308.
- [14] 于兴军,于丹,马克平. 不同生境条件下紫茎泽兰化感作用的变化与入侵力关系的研究[J]. 植物生态学报,2004,28(6):773 - 780.
- [15] Callaway R M, Aschehoug E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion[J]. Science, 2000, 290:521 - 523.
- [16] Einhellig F A. Allelopathy: organisms, processes, and applications[M]. Washington: American Chemical Society, 1995: 96 - 116.
- [17] Putnam A R. Allelochemical from plants as herbicides[J]. Weed Technology, 1988, 2(4):510 - 518.
- [18] Siddiqui Z S, Ahmed S, Shaikat S S. Effect of systemic fungicide (Topsin-M) and insecticide (Dimecron) on germination, seedling growth and phenolic content of *Pennisetum americanum*. L[J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 1999, 2: 182 - 184.
- [19] Siddiqui Z S, Zaman A U. Effects of systemic fungicide (benlate) on germination, seedling growth, biomass and phenolic contents of two different varieties of *Zea mays* [J]. Pakistan Journal of Botany, 2004, 36:577 - 582.
- [20] Szabo L G. Juglone index: A possibility for expressing allelopathic potential of plant taxa with various life strategies[J]. Acta Bot Hung, 2000, 42:295 - 305.
- [21] Inderjit, Dakshini K M M. Allelopathic potential of an annual weed, *Polygonum monspeliensis*, in crops in India[J]. Plant Soil, 1995, 173:251 - 257.
- [22] 郝再彬,苍晶,徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,2004:46 - 49.
- [23] 张志良,瞿伟箐. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003:67 - 70;274 - 276.
- [24] 王以柔,刘鸿先,李平. 在光和黑暗条件下低温对水稻幼苗光合器官膜脂氧化作用的影响[J]. 植物生理学报,1986,12(3):244 - 251.
- [25] 郑丽,冯玉龙. 紫茎泽兰叶片化感作用对 10 种草本植物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 生态学报,2005,25(10):2782 - 2787.
- [26] Dayan F E, Romagni J G, Duke S O. Investigating the mode of action of natural phytotoxins[J]. Journal of Chemical Ecology, 2000, 26(9):2079 - 2094.
- [27] Maighany F, Khalghani J, Baghestani M A, et al.. Allelopathic potential of *Trifolium resupinatum* L. (Persian clover) and *Trifolium alexandrinum* L. (Berseem clover)[J]. Weed Biology and Management, 2007, 7(3):178 - 183.
- [28] 孔垂华,徐涛,胡飞. 胜红蓟化感物质之间相互作用的研究[J]. 植物生态学报,1998,22(5):403 - 408.
- [29] Zamin S S. Allelopathic effects of black pepper leachings on *Vigna mungo* (L.) Hepper[J]. Acta Physiol Plant, 2007, 29: 303 - 308.
- [30] 罗广华,王爱国,郭俊颜. 几种外源因子对大豆幼苗 SOD 活性的影响[J]. 植物生理学报,1990,16(3):239 - 244.
- [31] Takao M, Akazawa T, Fukuchi S. Enzymic mechanism of starch breakdown in germination rice seeds III, α -amylase[J]. Plant Physiology, 1970, 46: 650 - 654.
- [32] Bais H P, Vepachedu R, Gilroy S, et al.. Allelopathy and exotic plant invasion: From molecules and genes to species interactions[J]. Science, 2003, 301:1377 - 1380.
- [33] Hoffman M L, Weston L A. Allelopathic influence of germinating seeds and seedlings of cover crop on weed species[J]. Weed Science, 1996, 4: 579 - 584.
- [34] Williams M M, Mortensen D A, Doran J W. Assessment of weed and crop fitness in cover crop residues for integrated weed management[J]. Weed Science, 1998, 46:595 - 605.
- [35] Peng S L, Wen J, Guo Q F. Mechanism and active variety of allelochemical[J]. Acta Bot Sin, 2004, 46: 757 - 766.
- [36] 周凯,郭维明,徐迎春. 菊科植物化感作用研究进展[J]. 生态学报,2004,24(8):1776 - 1784.