

外来入侵植物小飞蓬化感物质的释放途径

高兴祥¹, 李 美^{1,*}, 高宗军¹, 赵 亚¹, 张宏军², 李志强³, 宋国春¹

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 农业部农药检定所, 北京 100026;

3. 山东省日照市农业局植保站, 日照 276800)

摘要:在室内以滤纸为载体用离体生测方法测定了小飞蓬(*Conyza canadensis* L.)全株水浸提物、茎叶淋溶物、根系分泌物及残体土壤分解物对萝卜(*Raphanus sativus* L.)、黄瓜(*Cucumis sativus* L.)、马唐(*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.)油菜(*Brassica campestris* L.)和小麦(*Triticum aestivum* L.)的化感效应,同时在温室内以土壤为载体通过盆栽植物浇灌的方法测定了小飞蓬茎叶淋溶物和根系分泌物对盆栽植物生长的影响。室内生测实验结果表明,小飞蓬全株水浸提物对5种受体种子的萌发和幼苗生长均有较强的抑制作用;根系分泌物、茎叶淋溶物和残体土壤分解物对受体种子的生长抑制作用不同,根系分泌物的活性高于茎叶淋溶物和残体土壤分解物。温室盆栽实验结果也表明,小飞蓬根系分泌物对受体生长的影响高于茎叶淋溶物。这些结果说明根系分泌是小飞蓬化感物质释放的主要途径之一。

关键词:小飞蓬;化感效应;释放途径;根系分泌物

The releasing mode of the allelochemicals in *Conyza canadensis* L.

GAO Xingxiang¹, LI Mei^{1,*}, GAO Zongjun¹, ZHAO Ya¹, ZHANG Hongjun², LI Zhiqiang³, SONG Guochun¹

1 Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China

2 Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China

3 Rizhao Agricultural Bureau, Rizhao 276800, China

Abstract: The allelopathic effects of aqueous extract, root exudates, shoot leachates and decomposition from *C. canadensis* on radish (*Raphanus sativus* L.), cucumber (*Cucumis sativus* L.), crabgrass (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.), rape (*Brassica campestris* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.), were tested in petri dishes in laboratory. and the shoot leachates and root exudates were also tested in pot in greenhouse. The aqueous extract strongly inhibited the seedling growth of the tested plants. The root exudates, shoot leachates and decomposition inhibited the seedling growth of the tested plants differently, and the inhibitory effect of the root exudates was highest, The similar results were gotten from the greenhouse test. *C. canadensis* released the allelochemicals mainly through root exudates.

Key Words: *Conyza canadensis* L.; allelopathic effects; release mode; root exudates

外来物种的生物入侵是威胁全球环境的主要因素,杂草的入侵对经济和社会的影响也正引起人们越来越多的注意^[1-5],外来植物为了争取更多的阳光、营养、水分和空间,不断向环境释放化感物质^[6-7],对邻近的植物和微生物的萌发、生长、发育等都会产生影响。外来入侵植物小飞蓬为菊科飞蓬属越年生或1年生草本植物,原产北美洲,1860年在山东烟台被发现,1886年分别在浙江宁波和湖北宜昌采到,1887年到达四川南溪。该种能产生大量瘦果,借冠毛随风扩散,或随货物运输传播,蔓延极快,对作物、果园和茶园危害严重,现在我国各地均有分布,是我国分布最广的入侵物种之一^[8]。小飞蓬具有很强的地域侵略性,在田间调查中发现小

基金项目:国家863计划资助项目(2006AA10A214);国家“十一五”科技支持重大资助项目(2006BAD08A09);山东省农业科学院青年科学基金资助项目(2005YQ025);国家科技支撑计划资助项目(2006BAD21B04)

收稿日期:2009-02-23; **修订日期:**2009-04-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: limei9909@163.com

飞蓬生长区其它杂草几乎不能生长,显示出具有较强化感潜力,以往研究^[9]也已初步证实了这一点。化感物质释放是小飞蓬入侵性形成的可能因素,本文在前期研究的基础上,在化感物质释放途径方面开展了进一步研究,以期揭示其入侵机制提供理论依据。

植物化感作用是植物个体之间通过化学物质为媒介的化学关系,植物体内产生和贮存许多次生物质,在植物生长发育过程中起着重要的作用^[10]。但植物化感物质必须能够通过有效途径释放到环境中,对周围其它植物生长发育产生效应的次生化合物,才是真正意义上的化感物质^[1]。传统研究认为:植物化感物质主要通过雨雾淋溶、自然挥发、根系分泌和残株分解等 4 种途径释放到环境中,其中挥发和淋溶这两种途径在不同的自然条件下是可以相互转化的,当干旱、高温条件出现时淋溶途径转变为挥发途径,而当多降水、高湿度情况出现时挥发途径转化为淋溶途径^[11]。所以本文对小飞蓬释放化感物质的茎叶淋溶、根系分泌和残株分解这 3 种途径进行了研究,初步探讨了小飞蓬(*Conyza canadensis* L.)化感物质的释放途径。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1.1.1 小飞蓬地上部水浸提物

将小飞蓬全株采回,先用清水洗净泥土,室内自然晾干后,剪成 2cm 小段,称取 50g 置于棕色玻璃瓶中,加入 40 倍(G/L)水浸泡,期间间或震荡,72h 后超声波 20 min 然后抽滤,滤液即小飞蓬地上部水浸提物,置 0—4℃ 冰箱中冷藏备用。

1.1.2 小飞蓬茎叶淋溶物

在温室内以盆栽株高 30cm 左右的小飞蓬植株作为淋溶物供体,用小型手动喷壶盛装清水,均匀淋洗供体小飞蓬茎叶表面,每 3d 进行 1 次,每次每盆淋溶 200mL,每次淋溶 5 盆,用托盘收集淋溶液 900 mL,即得小飞蓬茎叶淋溶物,储于棕色玻璃瓶中备用。

1.1.3 小飞蓬根系分泌物

以盆栽株高 30cm 的小飞蓬植株作为淋溶物供体,用小型手动喷壶盛装清水,浇灌供体小飞蓬根部土壤,每 3d 进行 1 次,每次每盆浇灌 500mL 清水,每次淋溶 5 盆,用托盘收集淋溶液 900 mL,过滤后储于棕色玻璃瓶中,即得小飞蓬根系分泌物。

1.1.4 小飞蓬残株土壤分解物

小飞蓬植株茎叶洗净晾干,称取 4 份,每份 50g,剪成 2cm 小段,用网袋分解法^[12]把鲜材料用网眼为 1mm × 1mm 塑料网袋埋于 10cm 深土壤中埋土分解,将分解不同时间(1, 5, 10, 20d)的小飞蓬残体用 4 倍鲜重(200mL)的蒸馏水在 18—20℃ 下浸提 24h 后过滤,滤液即为小飞蓬残体土壤分解物。

1.2 测定方法

1.2.1 室内生物测定

采用种子萌发法^[13],以滤纸为载体研究小飞蓬水浸提物、茎叶淋溶物、根系分泌物和残株土壤分解物对种子萌发及生长的影响。将蒸馏水设为对照,在培养皿($d=9$ cm)中加入 10mL 待测物,混合均匀后盖上 2 层滤纸,然后放入 15 粒受体种子。所有处理均重复 3 次,放在(26 ± 1)℃ 恒温箱中黑暗培养,96 h 后测量受体种子的幼苗根长和幼苗苗高等数据。

1.2.2 温室盆栽生物测定

以土壤为载体在温室内测定小飞蓬茎叶淋溶物和根系分泌物对受体株高和干、鲜重的影响。在玻璃温室中进行实验材料的培养,将定量的萝卜、黄瓜、马唐、油菜和小麦种子分别播于直径为 8cm 的塑料盆中,待幼苗出土后用小飞蓬茎叶淋溶物和根系分泌物代替清水分别浇灌,清水为空白对照,重复 3 次。20d 后测量受体株高及干鲜重。

1.3 数据统计方法

试验结果用 Excel 软件(2003 版)进行处理,数据表示为 3 次测定的平均值 ± 标准误。利用 SPSS 13.0 中

的单因素方差分析(One-way ANOVA)对每个测试项目统计结果进行显著性方差分析。不同处理间不含相同字母表示差异显著($P < 0.05$),含有相同英文字母表示差异不显著($P > 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 室内生测实验

2.1.1 小飞蓬水浸提物对受体生长的影响

图1为小飞蓬水浸提物对5种受体生长的影响。结果表明,小飞蓬水浸提物对5种受体均有很强的抑制生长作用,其中对油菜的影响最大,根长和苗高抑制率均达到100%,对萝卜、黄瓜和小麦也有很强的抑制生长作用,抑制率在71.52%—100%之间,对马唐的抑制作用在5种受体中效果最差,与其它处理间差异显著,但根长和苗高抑制率也分别达到46.83%和37.24%。

2.1.2 小飞蓬茎叶淋溶物及根系分泌物对受体生长的影响

室内生测结果表明,小飞蓬茎叶淋溶物对受体根长及苗高的影响较小,对马唐、小麦、黄瓜等受体的正常生长基本无影响,对萝卜、油菜的影响稍大,但抑制率均在22.09%以下(图2)。说明小飞蓬通过茎叶淋溶的化感物质质量较低,不是化感物质释放的主要途径。

小飞蓬根系分泌物对受体根长和苗高均有一定的抑制作用(图3),其中对油菜、萝卜和黄瓜的作用较强,根长抑制率分别为52.66%、30.39%和38.77%,苗高抑制率分别为32.45%、25.91%和38.44%,对马唐、小麦的抑制作用较差,根长和苗高抑制率均在18.92%以下,与对油菜、萝卜和黄瓜的影响之间差异显著。

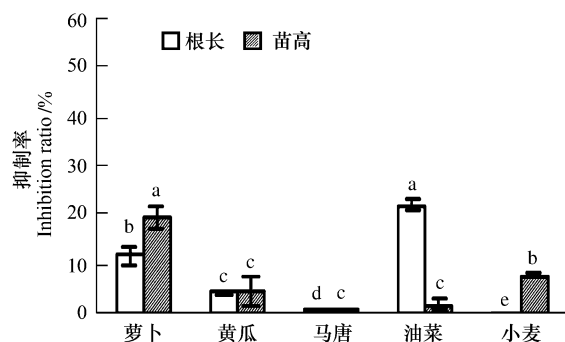


图2 小飞蓬地上部淋溶物对受体的抑制率

Fig. 2 Effect of shoot leachates of *Conyza canadensis* on five receptor plants

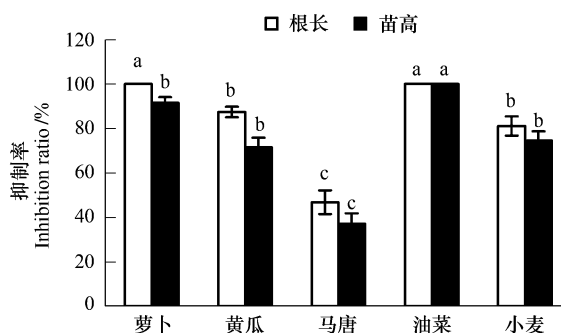


图1 小飞蓬水浸提物对受体生长的影响

Fig. 1 Inhibition ratio of aqueous extract of *Conyza canadensis* on five receptor plants

萝卜 *Raphanus sativus* L.、黄瓜 *Cucumis sativus* L.、马唐 *Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.、油菜 *Brassica campestris* L. 和小麦 *Triticum aestivum* L.

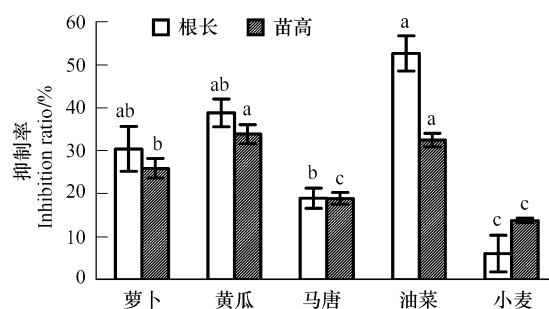


图3 小飞蓬根系分泌物对受体的抑制率

Fig. 3 Effect of the root exudates of *Conyza canadensis* on five receptor plants

综合小飞蓬地上淋溶物和根系分泌物这两种释放途径对受体作用结果比较,地上部淋溶物对受体正常生长影响不大,而根系分泌物对受体有显著的抑制生长作用,说明根系分泌物的化感物质质量远远高于茎叶淋溶物,根系分泌为小飞蓬化感物质的主要释放途径之一。

2.1.3 小飞蓬残体土壤分解物对受体生长的影响

以萝卜和小麦为受体,研究了不同时间小飞蓬残体分解物对受体生长的影响(图4、图5)。结果表明,小飞蓬20d之内的土壤分解物对受体萝卜、小麦根长和苗高均有一定的抑制生长作用,其中小飞蓬残体在1、5、10、20d内土壤分解物对萝卜的根长抑制率分别为97.21%、53.19%、46.71%、54.96%,苗高抑制率则分别为

85.04%、46.39%、35.44%和22.29%,对小麦生长的影响也显示出这种规律:对受体生长的抑制率随着时间的延长而有规律的下降,第5天抑制作用即大幅度下降,下降到最初的一半左右,说明小飞蓬残体在土壤中释放化感物质与在土壤中的分解时间有关,随着时间的延长,残体释放的化感物质质量越来越少,这种释放途径也应该不是小飞蓬化感物质释放的主要途径。

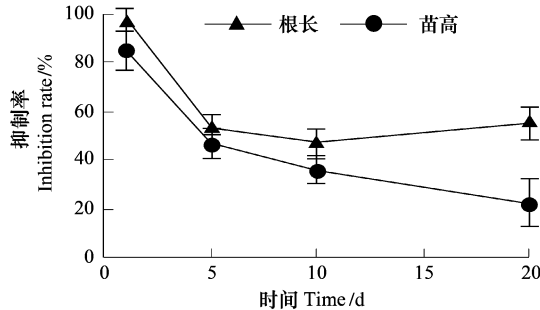


图4 不同时间小飞蓬残体分解物对萝卜的抑制率(%)

Fig. 4 Inhibition ratio of decomposition matter of *C. canadensis* residues on radish in different time

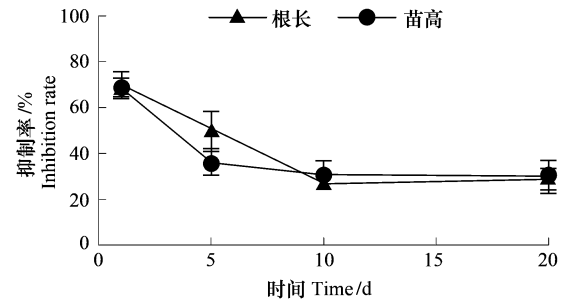


图5 不同时间小飞蓬残体分解物对小麦的抑制率(%)

Fig. 5 Inhibition ratio of decomposition matter of *C. canadensis* residues on wheat in different time

2.2 温室盆栽实验

以土壤为载体通过温室盆栽实验,研究小飞蓬茎叶淋溶物和根系分泌物对受体生长的影响,结果见图6。可以看出,温室盆栽实验和室内生测实验结果相似,均是小飞蓬根系分泌物对受体生长的影响力远远高于茎叶淋溶物。萝卜、黄瓜和油菜敏感性较强,生长受到明显的抑制作用,小飞蓬根系分泌物综合抑制率分别为51.91%、45.67%和61.35%,对应的茎叶淋溶物的抑制率分别仅为36.43%、10.36%和25.39%;小麦的敏感性最差,小飞蓬根系分泌物和茎叶淋溶物对其生长影响均较小,抑制率均在10%以下,与其它4种受体之间均存在显著差异。

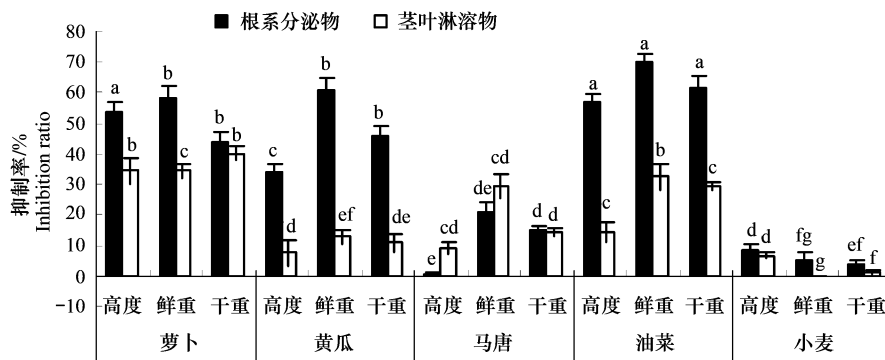


图6 小飞蓬茎叶淋溶物和根系分泌物对受体生长的影响比较

Fig. 6 Effect of the root exudates and the shoot leachates of *Conyza canadensis* on five receptor plants in greenhouse

3 讨论

植物化感物质必须是那些能够通过有效途径释放到环境中的次生物质,这是化感物质区别于植物与昆虫、植物与其他动物之间相互化学作用物质的惟一特征^[14-15]。最近几年国内学者对外来入侵植物的化感物质释放途径进行了深入研究,有些植物主要以某一种途径释放化感物质,有些植物则是几种途径共同作用。胜红蓟主要通过茎叶挥发而释放化感物质^[3];紫茎泽兰则是主要通过雨水、雾滴淋溶发挥作用^[16-17];豚草则是通过挥发、雨雾淋溶和根系分泌共同向周围环境释放化感物质^[18];黄花蒿通过茎叶挥发和淋溶、土壤残体分解和根系分泌共同作用向农业生态系统释放化感物质,但主要以地上部挥发和淋溶为主^[19]。本实验结果表明:小飞蓬在自然条件下可通过茎叶淋溶、土壤残体分解和根系分泌共同作用向农业生态系统释放化感物

质。但主要以根系分泌为主,其次是土壤残体分解和茎叶淋溶。室内和温室实验均表明:根系分泌物对受体的生长影响远远大于茎叶淋溶物的影响。

根系分泌这一途径涉及到土壤和微生物的作用,作用物质是从植物直接而来还是经微生物或土壤的作用间接而来是一个很复杂的问题,但可以初步判断小飞蓬化感物质主要是通过根部释放到周围环境中的。

在本实验中还发现,小飞蓬全株水浸提液对萝卜、黄瓜、马唐、油菜和小麦这 5 种受体的生长均有很强的抑制生长作用。不同受体对小飞蓬化感物质的敏感性差别较大,油菜、萝卜和黄瓜敏感性较强,小麦和马唐的敏感性较差,这可以用化感物质的选择性和专一性进行解释^[20]。柠檬桉(*Eucalyptus citriodora*)分离出孟烷二醇抑制莴苣、独行草(*Lepidium sativum*)和狗尾草(*Setaria viridis*)种子的萌发,而对柠檬桉自身种子和水稻种子的发芽却无影响^[21];从豚草分离出的 dihydroparthenlide 能够显著促进小麦、苜蓿、胡萝卜和黄瓜种子的发芽而抑制高粱和苋菜的发芽^[22]。

本实验仅以 5 种受体植物进行了初步室内生物测定和温室盆栽实验,初步断定小飞蓬化感物质主要是通过根部释放到周围环境中的,但本实验方法用的是茎叶和根部土壤淋溶,仅能说明水溶性化感物质在根部比在茎叶中存在的多,至于其它水溶性差的化感物质存在的部位以及小飞蓬释放化感物质对周围微生物及其它昆虫的作用还须进一步证实。另外,小飞蓬化感物质主要成分还须进一步分离、纯化和分析鉴定。

References:

- [1] Kong C H, Hu F. Allelopathy and its Application. Beijing: China Agricultural Press, 2001: 273-286.
- [2] Miller K E, Gorchov D L. The invasive shrub, *Lonicera maackii* reduces growth and fecundity of perennial forest herbs. *Oecologia*, 2004, 139:359-375.
- [3] Hager H A. Competitive effect versus competitive response of invasive and native wetland plant species. *Oecologia*, 2004, 139:140-149.
- [4] Zhu H, Ma R J, Chen S S, Wang M L. Physiological responses of main pasture plants in psychro-grassland to allelopathic stress of aqueous extracts from *Ligularia virgaurea*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(5):102-106.
- [5] Li Z H, Shen Y X. A study on allelopathy of winter regrowth from ten varieties of *Medicago sativa*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2006, 15(4):36-42.
- [6] Kong C H. Frontier fields of plant chemical ecology in the 21st century. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(3):349-353.
- [7] Gao Z X, Ji R, Xu R M, Xie B Y, Li D M. Biological invasions: process, mechanism and prediction. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(3):559-570.
- [8] Qiang S. Weed science. Beijing: China Agricultural Press, 2001: 273-286.
- [9] Gao X X, Li M, Yu J L, Song G C, Li R J. Bioassay on the herbicidal activity of extracts from *Erigeron Canadensis*. *Journal of Plant Resources and Environment*, 2006, 15(1):18-21.
- [10] Callaway R M, Aschehoug E T. Invasive plant versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. *Science*, 2000, 290: 521 - 523.
- [11] Kong C H, Xu T, H F. Allelopathy of *Ageratum conyzoides* II. Releasing mode and activity of main allelochemicals. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(3):257-260.
- [12] Luo S M, Lin X L, Zeng R S, Kong C H, Cao P R, Wei Q, Deng L G. Allelopathy of typical plants in agroeco system of south China. *Ecologic Science*, 1995, (2):114-128.
- [13] Zeng R S. Review on bioassay methods for allelopathy research. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, 10(1):123-126.
- [14] Kong C H. Problems needed attention on plant allelopathy research. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, (9):332-336.
- [15] Tang C S, Cai W F, Kohl K, Nishimoto R K. Plant stress and allelopathy. *American Chemical Symposium Series*, 1995, 582:142-157.
- [16] Zhang K M, Shi L, Jiang C D. Allelopathic effects of *Eupatorium adenophorum* on spore germination and gametophyte development in *Cibotium barometz*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2008, 17(2):19-25.
- [17] Zhong S, Duan X H. Allelopathy of *Eupatorium adenophorum* on germination and seedling growth of 16 pastures. *Acta Prataculturae Sinica*, 2007, 16(6):81-87.
- [18] Lin J, Yin Q Y, Yang B Z, Yang T Z, Yang Z X. Review on allelopathy of plants. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23(1):68-72.
- [19] Shen H M. Release Route and Allelopathic Mechanism for Allelochemicals of *Artemisia Annu L(D)*. , 2006.
- [20] Richardson D R, Williamson G B. Allelopathic effects of shrubs of the sand pine scrub on pines and grasses of the sandhills. *Forest Science*, 1988,

34: 592-605.

- [21] Pandey D K, Kaurav L P, Bhan V M. Inhibitory effect of parthenium(*Parthenium hysterophorus*) residue on growth of water hyacinth(*Eichhornia crassipes*) I. Effect of leaf residus. *Journal of Chemical Ecology*, 1993,19(11):2651-2662.
- [22] Fischer N H, Williamson G B, Weidenhamer J D. In search of alleopathy in the florida scrub-The role of terpenoids. *Journal of Chemical Ecology*, 1994,20(6):1355-1380.

参考文献:

- [1] 孔垂华,胡飞. 植物化感(相生相克)作用及其应用. 北京:中国农业出版社,2001.
- [4] 朱慧,马瑞君,陈树思,王明理. 高寒草场主要牧草对黄帚橐吾水浸液化感胁迫的生理响应. *草业学报*,2007,16(5): 102-106.
- [5] 李志华,沈益新. 不同品种紫花苜蓿冬季再生草化感作用的研究. *草业学报*,2006,15(4): 36-42.
- [6] 孔垂华. 新千年的挑战:第三届世界植物化感作用大会综述. *应用生态学报*, 2003,14(5): 837-838.
- [7] 高增祥,季荣,徐汝梅,谢宝瑜,李典谟. 外来种入侵的过程、机理和预测. *生态学报*, 2003,23(3): 559-570.
- [8] 强胜. 杂草学. 北京:中国农业出版社,2001: 112.
- [9] 高兴祥,李美,于建奎,宋国春,李瑞娟. 小飞蓬提取物除草活性的生物测定. *植物资源与环境学报*,2006,15(1): 18-21.
- [11] 孔垂华,徐涛,胡飞. 胜红蓟化感作用研究 II. 主要化感物质的释放途径和活性. *应用生态学报*,1998,9(3): 257-260.
- [12] 骆世明,林象联,曾任森,孔垂华,曹潘英,韦琦,邓兰桂. 华南农区典型植物的他感作用研究. *生态科学*,1995,(2):114-128.
- [13] 曾任森. 化感作用研究中的生物测定方法综述. *应用生态学报*, 1999,10(1):123-126
- [14] 孔垂华. 植物化感作用研究中应注意的问题. *应用生态学报*,1998,(9): 332-336.
- [16] 张开梅,石雷,姜闯道. 紫茎泽兰对金毛狗孢子萌发和配子体发育的化感作用. *草业学报*,2008,17(2):19-25.
- [17] 钟声,段新慧,奎嘉祥. 紫茎泽兰对 16 种牧草发芽及幼苗生长的化感作用. *草业学报*,2007,16(6): 81-87.
- [18] 林娟,殷全玉,杨丙钊,杨铁钊,杨志晓. 植物化感作用研究进展. *中国农学通报*,2007,23(1): 68-72.
- [19] 沈慧敏. 黄花蒿化感物质释放途径及化感作用机理的研究(D). 2006.