

## 连作大豆化感作用研究进展

盖志佳<sup>1</sup>, 范文婷<sup>1</sup>, 于敦爽<sup>1</sup>, 杜永成<sup>1</sup>, 王玉波<sup>1</sup>, 丁广洲<sup>2</sup>, 马凤鸣<sup>1</sup>

(1. 东北农业大学 农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 黑龙江大学 农作物研究所, 黑龙江 哈尔滨 150080)

**摘要:**大豆连作导致产量和品质下降、病虫害加剧等障碍现象发生, 研究连作大豆化感作用对揭示大豆连作障碍机理、克服大豆连作障碍具有重要的意义。该文对连作大豆根系分泌物、根茬腐解物、土壤有机化合物、土壤微生物和地上部淋洗液化感作用的研究进展进行了综述; 提出了大豆化感作用未来的研究方向, 以期今后大豆化感作用研究提供参考。

**关键词:**大豆; 化感物质; 化感作用; 连作

**中图分类号:**S565.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-9841(2012)01-0141-04

## Allelopathy in Continuous Cropping Soybean

GAI Zhi-jia<sup>1</sup>, FAN Wen-ting<sup>1</sup>, YU Dun-shuang<sup>1</sup>, DU Yong-cheng<sup>1</sup>, WANG Yu-bo<sup>1</sup>, DING Guang-zhou<sup>2</sup>, MA Feng-ming<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang; 2. Crop Research Institute, Heilongjiang University, Harbin 150080, Heilongjiang, China)

**Abstract:** Allelopathy is a biological phenomenon by which an organism produces one or more biochemicals that influence the growth, survival, and reproduction of other organisms. The continuous cropping of soybean leads the decrease of yield and quality and aggravates the plant disease and pest and, a detail understanding allelopathic interactions is important for revealing and overcoming the obstacle of continuous cropping soybean. The paper summarized the allelopathy of root exudates, decomposition products from soybean stubs, soil organic compounds, soil bacteria, aqueous extracts of above ground for continuous cropping soybean and, prospected the the research directions on soybean allelopathy.

**Key words:** Soybean; Allelochemicals; Allelopathy; Continuous cropping

1937年 Molisch 首次定义化感作用, 即一种植物向周围环境释放某种或某些化学物质, 从而促进或抑制其它植物生长发育的现象<sup>[1]</sup>。除大豆具有化感作用以外, 诸多作物如苜蓿<sup>[2,4]</sup>、水稻<sup>[5]</sup>、高粱<sup>[6]</sup>、黑麦<sup>[7]</sup>等也具有化感作用。近几年, 植物化感作用已引起广大农业科技工作者的高度关注和重视。

大豆是我国重要的粮食作物之一, 近年来, 大豆重迎茬面积逐渐增加, 病虫害加重, 严重影响了大豆产量和品质的提高<sup>[8]</sup>。大豆连作减产程度与连作年限呈正相关<sup>[9]</sup>。关于大豆重迎茬障碍的原因, 许多学者在土壤生物、土壤养分、土壤物理化学性质、植物的毒素物质等方面进行了有益探索<sup>[10-15]</sup>。虽然大豆连作障碍研究已取得一定的成果, 但在理论上仍未完全探明大豆重茬障碍的机理。植物在逆境胁迫下, 往往通过化学手段(释放化学物质)提高其自身竞争力<sup>[16]</sup>。因此, 研究连作大豆化感作用可能是揭示大豆重茬障碍机理的一条重要途径<sup>[17-18]</sup>。该文对连作大豆化感作用的研究进展进行概述, 以期大豆抗逆性研究提供参考。

## 1 连作大豆化感作用的研究现状

### 1.1 连作大豆根系分泌物化感作用

根系分泌物是植株在生长发育过程中通过根部向周围环境释放的一组种类繁多的物质, 许多学者对大豆根系分泌物及其作用进行了研究。马凤鸣等<sup>[19]</sup>研究认为, 大豆正茬、1 a 重茬和 2 a 重茬大豆根系的分泌物分别有 35、57 和 64 种, 均含有酚、醛、烃、酸、酯、苯和醇等化合物, 其溶液对大豆幼苗茎鲜重、根鲜重、茎长、根长、叶绿素含量和光合速率有一定的抑制作用。韩丽梅等<sup>[20]</sup>研究表明, 水培 2 周与 8 周大豆根分泌物的二氯甲烷提取物主要含有脂类、醛类、有机酸、苯类、醇类、烃类、酮类、酚类等有机化合物; 2 周根分泌物对大豆胚根生长的化感抑制作用显著, 说明大豆根分泌物中存在化感物质, 而 8 周大豆根分泌物的化感抑制作用不显著。吴蕾等<sup>[21]</sup>鉴定出培养 28 d 的大豆根系分泌物成分 77 种, 包括醇、烷烃、酯、苯、酸、醛、酰胺、酚、萘、酮类以及其它类化合物; 二苯呋喃、2-亚甲基-丁醛、

收稿日期: 2011-09-23

基金项目: 黑龙江省自然科学基金重点资助项目(ZJN0701)。

第一作者简介: 盖志佳(1985-), 男, 硕士, 研究方向为作物生理。E-mail: gaizhijia@163.com。

通讯作者: 马凤鸣(1947-), 男, 教授, 博士生导师, 研究方向为作物生理。E-mail: fengming\_ma@sohu.com。

芬、3-甲基-4-氧-戊酸、12-乙酰-9-己醛、邻苯二甲酸、3-羟基-丁醛、甲基酚、9,10-二氢-11,10-桥亚乙基蒽存在大豆根系分泌物中。根系分泌物在作物连作障碍中起直接或间接作用<sup>[22]</sup>。李业成等<sup>[23]</sup>研究发现,正茬、重茬大豆根系分泌物能抑制大豆种子的萌发和初生根生长,抑制作用与浓度呈正相关,且重茬大豆根系分泌物抑制作用要高于正茬。研究证实根系分泌物中产生化感作用的主要成分是酚类、酸类等化合物。酚类化合物是苯丙烷代谢途径产生的一类研究较多的化感物质<sup>[24]</sup>。有研究认为,重茬大豆根系比正茬大豆根系分泌的酚酸物质的数量和种类显著增多;根茬腐解物的加入使得大豆根系分泌酚酸物质的能力增强<sup>[25]</sup>。大豆根系分泌物和根茬腐解液中的3,4-二氯苯甲酸、3-硝基邻苯二甲酸、肉桂酸、邻甲氧基苯甲酸对大豆种子萌发及幼苗生长发育具有化感作用,且随着浓度的增加,抑制作用增强<sup>[26]</sup>。

### 1.2 连作大豆根茬腐解物化感作用

大豆根茬腐解物中存在的化感物质对大豆种子萌发、胚根生长产生显著的自毒作用,与大豆连作障碍关系密切<sup>[27]</sup>。大豆根茬腐解液和营养液残液能显著地抑制大豆植株根系生长和种子萌发,破坏细胞膜稳定性,降低大豆植株抗逆性、植株生物量、根系活力和根系活跃吸收面积<sup>[28]</sup>。王光华等<sup>[27]</sup>研究发现大豆残茬根水浸提液对大豆不具有化感作用;大豆苗期根浸提液对大豆种子萌发表现出化感作用,以酸性组分对大豆种子萌发化感作用最强。韩丽梅等<sup>[29]</sup>采用2种菌源腐解大豆根茬,研究腐解产物的化感作用,结果表明用木霉作为菌源的2周和4周根茬腐解液中的乙酸乙酯、环己烷能显著抑制初期大豆种子萌发,抑制作用随萌发时间的延长而减弱;用根际土壤作为菌源的2、4和8周根茬腐解液中的酸性、碱性组分均能抑制大豆种子萌发和胚根生长,与碱性组分相比,酸性组分的化感抑制作用更强。大豆根系腐解物不仅影响大豆生长,而且会导致大豆减产。有研究表明,大豆根系腐解物显著地影响正茬大豆生长,加入正茬大豆根系腐解物的处理较对照可减产6%~24%,而加入重茬大豆根系腐解物的处理较对照可减产20%~42%,减产幅度与根系腐解物加入量呈正相关<sup>[30]</sup>。

### 1.3 连作大豆土壤微生物化感作用

大豆连作障碍是植物和土壤2个系统内诸多因素综合作用的结果<sup>[25]</sup>。土壤微生物对维持土壤系统健康、质量和稳定性非常重要<sup>[33-34]</sup>。土壤微生物生态功能与土壤功能关系密切,微生物群落结构及组成变化

对土壤功能的发挥有直接影响<sup>[35]</sup>。连作大豆根际形成特殊的小生态区域,土壤微生态环境发生变化<sup>[36]</sup>。有学者认为,连作障碍不仅与土壤理化性质有关,而且还与土壤微生物的种类和数量关系密切<sup>[44]</sup>。邹莉等<sup>[15]</sup>研究了正茬与重茬大豆根际及非根际土壤微生物区系的变化,认为细菌总数占绝对优势,重茬低于正茬;真菌数量变化显著,且重茬明显高于正茬,而放线菌数量总体变化幅度不大。

### 1.4 连作大豆土壤有机化合物化感作用

重茬大豆结荚期根际土壤中主要包含酚类、酯类、有机酸类、醇类、酮类、呋喃类、醛类、苯类及烃类等有机化合物,其中包含很多曾经报道过的化感物质<sup>[31]</sup>。有研究表明,大豆重茬土壤中的酚酸对大豆生长发育也有抑制作用<sup>[32]</sup>。张奕<sup>[24]</sup>研究发现连作土壤有机化合物能抑制大豆种子萌发及胚根生长,抑制作用随组分浓度增加而增强。

### 1.5 连作大豆地上部淋洗液化感作用

有关大豆地上部淋洗液化感作用的研究较少。韩丽梅等<sup>[37]</sup>研究表明连作大豆花荚期植株地上部水浸液中的化感物质包含醛、酮、醇、低分子量脂肪酸、芳香酸及其衍生物等,对大豆幼苗、种子萌发和胚根生长具有化感抑制作用,抑制作用随浓度增加而增强。

## 2 展望

在我国大豆化感作用是一个较新的研究领域,应用前景十分广阔。目前大豆化感作用的研究只涉及化感物质的分离、提取和鉴定等方面。因此,加强大豆化感作用的研究对揭示化感作用机理和克服大豆连作障碍意义重大。鉴于大豆化感作用的研究现状,认为今后可加强以下几方面研究:

(1)建立标准化研究体系。大豆化感物质的提取方法、浓缩方法、纯化方法和生物测定方法虽然多但不尽相同,缺乏标准化的研究体系,不利于合理的比较研究<sup>[38]</sup>。目前大豆化感作用的研究方法尚缺乏标准化、规范化,今后应确立一个适宜于比较和通用的研究方法,建立一套操作简单、检测快速、能够批量检测及检测结果可比性较好的生物检测体系。

(2)加强化感物质研究。只有明确大豆化感物质后,才能对化感物质的产生、作用机理、释放途径、在环境中的迁移过程、化感物质间的互作效应等进行研究。应从遗传学、植物生理生化、蛋白组学和生态学等多学科、全方位、多角度深入系统地研究大豆的化感物质及

其相互作用、化感物质在环境中的迁移过程。

(3)加强大豆化感作用的根际生态学研究。化感物质从植物体分泌后以多种方式移动,可能因物理过程和化学过程发生变化,还可能受到土壤微生物的作用,因此难以分辨是原初的还是受作用之后的化学物质发挥化感作用<sup>[39]</sup>。由于化感物质进入土壤后,将发生很大的变化(如保持、转化和转移等),从而会影响化感物质的变迁及其化感潜能。此外,诸如土壤温度、有机质含量和水分营养状况等因素也可能影响化感物质的作用及其有效性<sup>[40]</sup>。植物的化感作用涉及一个连续、动态的根际生物学过程,具有媒介作用的化感物质如何在土壤中运转进而影响周围植物的生长和发育,目前为止仍是化感作用研究面临的严峻挑战<sup>[41]</sup>。

(4)培育化感新品种。加强在构建大豆对主要杂草化感作用谱、筛选化感大豆新品种、定位具有大豆化感作用性状基因等方面的研究,将大豆化感作用应用于农药生产和抗病虫害、抑制杂草的化感新品种选育。

(5)构建化感大豆核心种质资源。我国大豆种质资源非常丰富,应对种质资源进行筛选,获得有异质性、多样性、类型齐全和有代表性的化感大豆种质作为核心种质,从而为大豆化感作用的深入研究奠定基础。

## 参考文献

- [1] Molisch H. Der einfluss einre pflanze auf die andere-allelopathie[J]. Fisher Jena,1937:13-20
- [2] Chon S U, Choi S K, Jung S, et al. Effects of alfalfa leaf extracts and phenolic allelochemicals on early seedling growth and root morphology of alfalfa and barnyard grass[J]. Crop Protection,2002,21:1077-1082.
- [3] 孔垂华,胡飞. 植物化感作用及应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001. (Kong C H, Hu F. Allelopathy and its application of plants[M]. Beijing:China Agricultural Press,2001. )
- [4] Manal M A, Frantisek S, Marian J. Effects of alfalfa saponins on the moth(*Spodoptera littoralis*) [J]. Journal of Chemical Ecology,2000,26(4):1065-1078.
- [5] 朱红莲,孔垂华,胡飞,等. 水稻种质资源的化感潜力评价方法[J]. 中国农业科学,2003,36(7):788-792. (Zhu H L, Kong C H, Hu F, et al. Evaluation methods for allelopathic potential of rice germplasms [J]. Scientia Agricultura Sinica,2003,36(7):788-792. )
- [6] Cheema Z A, Khaliq A. Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in semi arid region of Punjab[J]. Agriculture Ecosystems and Environment,2000,79:105-112.
- [7] Weston L A. Utilization of allelopathy for weed management in Agroecosystems[J]. Agronomy Journal,1996,88:860-866.
- [8] 刘文忠. 大豆专用药肥对缓解大豆重迎茬减产问题的研究[J]. 农业与技术,2009,29(4):50-54. (Liu W Z. Research on soybean special fertilizer to alleviate continuous cropping of reducing the yield[J]. Agriculture and Technology,2009,29(4):50-54. )
- [9] 王金龙,徐冉,陈存来,等. 大豆连作下土壤环境条件变化的概述[J]. 大豆科学,2000,19(4):367-371. (Wang J L, Xu R, Chen C L, et al. General review in the study of barrier mechanism caused by continuous soybean cropping[J]. Soybean Science,2000,19(4):367-371. )
- [10] 计钟程,许文芝. 重茬大豆减产与土壤环境变化[J]. 大豆科学,1995,14(4):321-329. (Ji Z C, Xu W Z. The change of soil environment with reducing-yield of continue-cropping in soybean[J]. Soybean Science,1995,14(4):321-329. )
- [11] 于广武,许艳丽,刘晓冰,等. 大豆连作障碍机制研究初报[J]. 大豆科学,1993,12(3):237-243. (Yu G W, Xu Y L, Liu X B, et al. Primary study on barrier caused by continuous soybean cropping[J]. Soybean Science,1993,12(3):237-243. )
- [12] 赵淑英,赵九洲,陈洁敏,等. 连作对大豆生理生化特性的影响[J]. 大豆科学,1995,14(2):113-118. (Zhao S Y, Zhao J Z, Chen S M, et al. Effect of soybean successive cropping on physiological and biochemical index of soybean[J]. Soybean Science,1995,14(2):113-118. )
- [13] 王震宇,王英祥,陈祖仁. 重茬大豆生长发育障碍机制初探[J]. 大豆科学,1991,10(1):31-36. (Wang Z Y, Wang Y X, Chen Z R. The nature of continuous cropping soybean[J]. Soybean Science,1991,10(1):31-36. )
- [14] 陈宗泽,殷勤燕,王旭明,等. 土壤病原菌对连作大豆的致病性初探[J]. 吉林农业大学学报,1999,21(1):29-32. (Chen Z Z, Yuan Q Y, Wang X M, et al. Preliminary research on the pathogenicity of soil pathogens to continuous cropping soybean[J]. Journal of Jilin Agricultural University,1999,21(1):29-32. )
- [15] 邹莉,袁晓颖,李玲,等. 连作对大豆根部土壤微生物的影响研究[J]. 微生物学杂志,2005,25(2):28-30. (Zou L, Yuan X Y, Li L, et al. Effects continuous cropping on soil microbes on soybean roots[J]. Journal of Microbiology,2005,25(2):28-30. )
- [16] 孔垂华,徐涛,胡飞,等. 环境胁迫下植物的化感作用及其诱导机制[J]. 生态学报,2000,20(5):849-854. (Kong C H, Xu T, Hu F, et al. Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism [J]. Acta Ecologica Sinica,2000,20(5):849-854. )
- [17] 阎飞,韩丽梅,杨振明. 论大豆连作障碍中有关化感作用(Allelopathy)研究的若干问题[J]. 大豆科学,2000,19(3):269-273. (Yan F, Han L M, Yang Z M. Discussing on some problems of allelopathy in soybean continuous cropping obstacle [J]. Soybean Science,2000,19(3):269-273. )
- [18] 阎飞,杨振明,韩丽梅. 植物化感作用(Allelopathy)及其作用物的研究方法[J]. 生态学报,2000,20(4):692-696. (Yan F, Yang Z M, Han L M. Review on research methods for allelopathy and allelochemicals in plants[J]. Acta Ecologica Sinica,2000,20(4):692-696. )
- [19] 马凤鸣,王安娜,吴蕾,等. 大豆根系分泌物的鉴定及 *PAL1*、*PAL2*、*C4H* 的克隆[J]. 作物杂志,2011(2):65-69. (Ma F M, Wang A N, Wu L, et al. Identification of soybean root exudates and cloning of the *PAL1*, *PAL2*, *C4H* genes[J]. Crops,2011(2):65-69. )
- [20] 韩丽梅,王树起,鞠会艳,等. 大豆根分泌物的鉴定及其化感作用的初步研究[J]. 大豆科学,2000,19(2):119-125. (Han L M, Wang S Q, Ju H Y, et al. Identification and study on allelopathy of soybean root exudates[J]. Soybean Science,2000,19(2):119-125. )
- [21] 吴蕾,马凤鸣,刘成,等. 大豆与玉米、小麦、高粱根系分泌物的比较

- 分析[J]. 大豆科学,2009,28(6):1022-1025. (Wu L, Ma F M, Liu C, et al. Comparative analysis of root exudates in soybean, corn, wheat and sorghum[J]. Soybean Science, 2009, 28(6):1022-1025. )
- [22] 吴凤芝, 赵凤艳. 根系分泌物与连作障碍[J]. 东北农业大学学报, 2003, 34(1):114-118. (Wu F Z, Zhao F Y. Study on root exudates and continues cropping obstacle[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2003, 34(1):114-118. )
- [23] 李业成, 马凤鸣, 吴蕾, 等. 正茬与连作大豆根系分泌物差异及对大豆幼苗生长的影响[J]. 东北农业大学学报, 2010, 41(6):1-6. (Li Y C, Ma F M, Wu L, et al. Difference effect of rotation and continuous soybean root secretion on seedling growth of soybean [J] Journal of Northeast Agricultural University, 2010, 41(6):1-6. )
- [24] 张奕. 连作大豆化感作用及化感物质种类的鉴定[D]. 长春: 东北师范大学, 2003. (Zhang Y. Allelopathy of continuous cropping soybean and identification of allelochemicals[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2003. )
- [25] 战秀梅, 韩晓日, 杨劲峰, 等. 大豆连作及其根茬腐解物对大豆根系分泌物中酚酸类物质的影响[J]. 土壤通报, 2005(5):631-635. (Zhan X M, Han X R, Yang J F, et al. The effect of succession cropping and soybean stubble on soybean root exudates[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005(5):631-635. )
- [26] 王树起, 韩丽梅. 不同有机酸对大豆生长的化感效应[J]. 大豆科学, 2002, 21(4):267-273. (Wang S Q, Han L M. Allelopathy on different organic acids to soybean growth [J]. Soybean Science, 2002, 21(4):267-273. )
- [27] 王光华, 许艳丽. 大豆重茬研究[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1995:73-77. (Wang G H, Xu Y L. Research on aqueous extracts Allelopathy of soybean [M]. Harbin: Harbin Engineering University Press, 1995:73-77. )
- [28] 王树起, 韩丽梅. 大豆根茬腐解液和营养液残液对大豆生长发育的自感效应[J]. 中国油料作物学报, 2000, 22(3):43-47. (Wang S Q, Han L M. Effect of decomposed liquids from soybean stubs and remnants of nutrient solution on soybean growth[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2000, 22(3):43-47. )
- [29] 韩丽梅, 沈其荣, 王树起, 等. 大豆根茬木霉腐解产物的鉴定及其化感作用的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10):1295-1299. (Han L M, Shen R Q, Wang S Q, et al. Identification on decomposing products of soybean stubs by *Trichoderma koningii* and their allelopathy[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(10):1295-1299. )
- [30] 韩晓增, 许艳丽. 大豆重茬减产控制与主要病虫害防治技术[M]. 北京: 科学出版社, 1999. (Han X Z, Xu Y L. Control technology of soybean continuous cropping leading to low yield and disease pest [M]. Beijing: Science Press, 1999. )
- [31] 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳, 等. 大豆根茬腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究[J]. 生态学报, 2000, 20(5):772-775. (Han L M, Wang S Q, Ju H Y, et al. Identification and allelopathy on the decomposition products from soybean stubs[J]. Acta Ecologica Sinica, 2000, 20(5):772-775. )
- [32] 贺锋, 陈辉蓉, 吴振斌. 植物间的相生相克效应[J]. 植物学通报, 1999, 16(1):19-27. (He F, Chen H R, Wu Z B. Allelopathy in plants [J]. Chinese Bulletin of Botany, 1999, 16(1):19-27. )
- [33] Garbeva P, Van Veen J A, Van Elsas J D. Microbial diversity in soil: selection of microbial populations by plant and soil type and implications for disease suppressiveness[J]. Annual Review of Phytopathology, 2004, 42:243-270.
- [34] 郭瑞英, 陈清, 李晓林. 土壤微生物-抑病性与土壤健康[J]. 中国蔬菜, 2005(增刊):78-82. (Guo R Y, Chen Q, Li X L. The influence of soil microorganism community on the soil healthy and disease suppressiveness[J]. China Vegetables, 2005(Suppl.):78-82. )
- [35] 张晶, 张惠文, 李新宇, 等. 土壤微生物生态过程与微生物功能基因多样性[J]. 应用生态学报, 2006, 17(6):1129-1132. (Zhang J, Zhang H W, Li X Y, et al. Soil microbial ecological process and microbial functional gene diversity [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(6):1129-1132. )
- [36] 王光华, 金剑, 潘相文, 等. 不同茬口大豆根圈土壤 pH 值和氮营养分布的变化[J]. 中国油料作物学报, 2004, 26(1):55-59. (Wang G H, Jin J, Pan X W, et al. Effect of different rotation systems on soil pH and N nutrition distribution across soybean rhizosphere [J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2004, 26(1):55-59. )
- [37] 韩丽梅, 沈其荣, 鞠会艳, 等. 大豆地上部水浸液的化感作用及化感物质的鉴定[J]. 生态学报, 2002, 22(9):1425-1432. (Han L M, Shen R Q, Wang S Q, et al. Allelopathy of the aqueous extracts of above ground parts of soybean and the identification of the allelochemicals [J]. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(9):1425-1432. )
- [38] 吴磊. 大豆根系分泌物的鉴定及其化感作用的初步研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010. (Wu L. Identification of the substances in root exudates of soybean and preliminary study on allelopathy[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010. )
- [39] 董章杭, 林文雄. 作物化感作用研究现状及前景展望[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(1):81-83. (Dong Z H, Lin W X. Research status, advances and prospects on Crop Allelopathy [J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2001, 9(1):81-83. )
- [40] Inderjit K M. Plant phenolics in allelopathy[J]. The Botanical Review, 1996, 62(2):186-202.
- [41] 林瑞余. 小麦化感作用及其根际生态学研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2008. (Lin R Y. Research on wheat Allelopathy and its rhizosphere ecology[D]. Fuzhou: Fujian Agriculture and Forestry University, 2008. )