

# 辣椒植株水浸液对辣椒和番茄种子萌发的自毒作用

王广印<sup>1</sup>, 韩世栋<sup>2</sup>, 谢玉会<sup>3</sup>, 孙晓娜<sup>1</sup>, 周秀梅<sup>1, 4</sup>

(1. 河南科技学院 园林学院, 河南 新乡 453003; 2. 潍坊职业学院, 山东 潍坊 261041;

3. 西南大学 园艺园林学院, 重庆 400716; 4. 北京林业大学 园林学院, 北京 100083)

**摘要:**采用室内生物测定的方法,研究了辣椒全株、根、茎、叶水浸液的化感效应。结果表明,辣椒全株、根、茎、叶水浸液对辣椒和番茄种子萌发的影响依供体部位、水浸液浓度和受体不同而有差异,辣椒植株水浸液对辣椒和番茄种子发芽存在自毒作用。辣椒植株全株、根、茎、叶水浸液对辣椒和番茄种子发芽表现为抑制作用,并随着浓度的增大,抑制作用增强,这表明辣椒植株水浸液对辣椒和番茄种子发芽有较强的自毒作用。综合而言,辣椒全株、根、茎、叶水浸液对辣椒的自毒作用强弱依次为叶>根>茎>全株,对番茄的自毒作用强弱依次为叶>全株>根>茎,显示辣椒叶水浸液的自毒作用最强。

**关键词:**辣椒;水浸液;化感作用;自毒作用;种子萌发

**中图分类号:**S641.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-7091(2009)03-0123-05

## Autotoxicity of Aqueous Extract of Hot Pepper Plant on Seed Germination of Hot Pepper and Tomato

WANG Guang-yin<sup>1</sup>, HAN Shi-dong<sup>2</sup>, XIE Yu-hui<sup>3</sup>, SUN Xiao-na<sup>1</sup>, ZHOU Xiu-mei<sup>1, 4</sup>

(1. College of Landscape Architecture, Henan Institute of Science and Technology,

Xinxiang 453003, China; 2. Weifang Vocational College, Weifang 261041, China; 3. College

of Horticultural Landscape, Southwest University, Chongqing 400716, China; 4. College of Landscape

Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The effects of aqueous extracts from different parts of hot pepper were determined by means of bioassay in laboratory. The results showed that the influences of aqueous extracts of hot pepper on seed germination of hot pepper and tomato were different with different donor parts, concentrations and receptors, and the aqueous extracts from hot pepper had autotoxicity on seed germination of hot pepper and tomato. The seed germination of hot pepper and tomato was inhibited by aqueous extracts from whole plant, root, stem and leaf of hot pepper. With increasing concentration of aqueous extracts, the inhibiting effects on vegetable seed germination expressed strong, which indicates that the aqueous extracts have strong autotoxic effects on seed germination of pepper and tomato. The autotoxic effect order of aqueous extracts from different parts of hot pepper on seed germination of hot pepper was leaf > root > stem > plant, and autotoxic effect order of aqueous extracts from different parts of hot pepper on tomato seed germination was leaf > plant > root > stem, and which indicates that the autotoxic effect of leaf aqueous extract was the strongest.

**Key words:** Hot pepper; Aqueous extract; Allelopathy; Autotoxicity; Seed germination

连作障碍是作物栽培中的常见现象<sup>[1]</sup>。近年来,随着对作物重茬(连作)障碍原因的深入研究,植物的化感作用(Allelopathy)越来越受到众多学者的重视。化感作用是指植物(包括微生物)之间相互抑制或促进的生物化学作用<sup>[2]</sup>。通常情况下,化感作用是种间的生物化学相互作用,但当供体与受体属

于同一种时,就成了种内的化感作用,称其为自毒作用,又称自化感作用(Autoallelopathy)或自体中毒(Autointoxication)<sup>[3]</sup>。自毒作用(Autotoxicity)是化感作用的一种特殊类型,是一些植物通过地上部淋溶、根系分泌或植株残茬等途径来释放一些物质对下茬或同茬同种或同科植物生长产生抑制作用的一种现

收稿日期:2008-10-11

基金项目:河南省自然科学基金项目(0611031000);河南省软科学项目(072400410200);河南省教育厅科研项目(2007210012)

作者简介:王广印(1962-),男,陕西蒲城人,教授,硕士生导师,主要从事蔬菜栽培生理生态研究工作。

象<sup>[4]</sup>,是造成作物连作障碍的重要因素之一<sup>[5-8]</sup>。

引起蔬菜连作障碍的因素主要有:自毒作用、土传病害严重、土壤肥力不均衡、土壤理化性状变劣等<sup>[9]</sup>。有关作物自毒作用已有不少研究<sup>[1,10-19]</sup>,许多研究表明,化感物质是连作障碍的重要因素之一<sup>[20-22]</sup>。据报道<sup>[6,23,24]</sup>,作物自身根系分泌物、残体和残茬分解产物、淋洗物积累过多,对下茬作物种子萌发和幼苗生长均有明显抑制作用。该作用主要是由有机酸、醛类芳香酸、香豆素、醌类、生物碱和类萜等植物次生代谢产物及其分解产物所引起的。其作用机理<sup>[11]</sup>包括增加细胞膜通透性<sup>[25,26]</sup>、降低酶活性<sup>[27,28]</sup>、抑制植物的养分吸收<sup>[11]</sup>等。辣椒(*Cap-sicum annuum* L.)不耐连作,辣椒是否存在自毒作用,即前茬辣椒是否通过根系分泌、地上部淋洗、残茬腐解等途径产生有害物质而直接影响下茬辣椒和番茄的生长,值得深入探讨。前人对辣椒化感作用已有一些研究,而自毒作用的研究较少<sup>[4,29-33]</sup>。由于种子萌发和幼苗期对自毒物质较为敏感,所以自毒作用多发生在种子萌发和幼苗期。本研究以辣椒和同科的番茄(*Lycopersicum esculentum* M.)种子为受体,初步探讨辣椒全株、根、茎、叶水浸液的化感作用,确定辣椒是否具有自毒作用,旨在明确辣椒连作障碍中的自毒作用机理,以及为有效克服土壤病和连作障碍提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供体材料为菜田拉秧的大棚秋辣椒成株,品种为新乡辣椒4号。受体材料为辣椒(赤裕牛角椒)和番茄(合作908粉红番茄),种子由新乡市新丰农技服务部提供。

### 1.2 方法

1.2.1 供体材料的准备 将采集的辣椒成株清洗干净后,按全株、根、茎、叶分类整理并自然风干,然后分别剪成2 cm的小段,用微型植物试样粉碎机(1 400 r/min)将其分别粉碎。

1.2.2 水浸液的制备 将粉碎后的辣椒全株、根、茎、叶样品分别称取20 g,放入4个三角瓶中,添加500 mL蒸馏水,瓶口密封扎紧放入振荡器中浸提2 d(振荡温度:25℃;速度:100 r/min),即得到浓度为0.04 g/mL的水浸液,二重过滤,取上清液为水浸提母液,滤液在4℃的低温下保藏备用。

1.2.3 化感作用的生物活性测定 辣椒全株、根、茎、叶水浸提液处理均设0.04, 0.03, 0.02, 0.01 g/mL共4个浓度梯度。在洗净、烘干、消毒的直径

为10 cm培养皿中铺上两层定性滤纸,分别将辣椒各部位不同浓度的水浸液7 mL注入培养皿床,每皿播种消毒的辣椒和番茄种子50粒,并以蒸馏水作为对照,每处理均重复3次。皿床放入25℃的光照培养箱中发芽,光照为10 h/d。每天观察、统计种子发芽情况,并在培养皿中适量添加相应浓度的水浸液或蒸馏水。种子发芽均以芽长1 mm为标准。统计7 d结束发芽,并称量幼苗的胚根鲜质量。

1.2.4 数据统计与分析 发芽率(GR)=(发芽终期全部正常发芽的种子数/供试种子数)×100%。

发芽指数(GI)=( $\sum G_t/D_t$ ),活力指数(VI)=GI×S,其中 $G_t$ 为第 $t$ 天的发芽数, $D_t$ 为相应的发芽天数, $S$ 为胚根鲜质量。

化感效应指数(Response index, RI)采用Williamson等<sup>[34]</sup>的方法:RI=1-C/T(当 $T \geq C$ 时)或RI=T/C-1(当 $T < C$ 时)。式中: $C$ 为对照值, $T$ 为处理值,RI为化感效应指数。当RI>0时,表示促进作用;当RI<0时,表示抑制作用。RI绝对值的大小代表化感作用强度。

以敏感指数(Sensitivity index, SI)综合比较供体各部位水浸液对受体的化感(自毒)作用强度或者评价受体蔬菜对供体化感(自毒)作用的敏感性<sup>[34,35]</sup>,敏感指数(SI)为4项测试指标的RI值的相加平均值;按供体各部位或受体分别计算敏感指数的平均值。当SI>0为促进,SI<0为抑制,绝对值的大小与作用强度一致。

数据的处理与方差分析使用DPS软件(V3.11专业版)进行。

## 2 结果与分析

### 2.1 辣椒不同部位水浸液对辣椒种子发芽的影响及其化感作用变化

由表1可见,辣椒植株全株、根、茎、叶水浸液对辣椒种子发芽的影响不同。辣椒各部位的水浸液对辣椒种子发芽率、发芽指数、活力指数、胚根鲜质量的影响都随着水浸液浓度的增加,其值逐渐降低,抑制作用增强。高浓度(0.04 g/mL)对辣椒发芽的抑制作用最强,低浓度(0.01 g/mL)抑制作用最弱。辣椒根、茎水浸液对发芽率的浓度效应不明显,全株、叶水浸液浓度0.03 g/mL时,与对照相比,显著降低辣椒种子发芽率。从辣椒各部位不同浓度水浸液对发芽指数、活力指数和胚根鲜质量的影响看,与对照相比,辣椒各部位水浸液浓度达0.04 g/mL时,这3项指标值都显著降低。

比较辣椒不同部位及各浓度水浸液的化感效应

表 1 辣椒不同部位水浸液对辣椒种子发芽的影响及其化感潜力

Tab. 1 Effects of aqueous extracts of different concentrations of different parts of hot pepper on seed germination of hot pepper and allelopathy potential

供体部位 Donor parts	水浸液浓度/ (g/ mL) Concentration of aqueous extracts	发芽率/ % Germination rate	RI <sub>GR</sub>	发芽指数 Germination index	RI <sub>GI</sub>	活力指数 Vigor index	RI <sub>VI</sub>	胚根鲜质量/ g Fresh root weight	RI <sub>FRW</sub>
全株 Whole plant	0(CK)	94.00a	-	9.98a	-	3.34a	-	0.335a	-
	0.01	91.33ab	- 0.028a	9.09ab	- 0.089a	2.96a	- 0.114a	0.326a	- 0.027a
	0.02	86.70abc	- 0.078a	8.02ab	- 0.196a	2.48ab	- 0.257ab	0.309ab	- 0.078a
	0.03	83.33bc	- 0.114a	7.93b	- 0.205a	1.96b	- 0.413bc	0.247ab	- 0.263ab
	0.04	78.67c	- 0.163a	7.50b	- 0.249a	1.59b	- 0.524c	0.212b	- 0.367b
根 Root	0(CK)	89.33a	-	9.83a	-	3.37a	-	0.342a	-
	0.01	89.33a	0.000a	8.96ab	- 0.089a	2.84a	- 0.157a	0.313a	- 0.085a
	0.02	89.33a	0.000a	8.28ab	- 0.158a	1.66b	- 0.507b	0.200b	- 0.415b
	0.03	87.33a	- 0.022a	8.09ab	- 0.177a	1.42b	- 0.579b	0.176b	- 0.485b
	0.04	86.00a	- 0.037a	7.83b	- 0.203a	1.25b	- 0.629b	0.160b	- 0.532b
茎 Stem	0(CK)	92.00a	-	10.46a	-	3.74a	-	0.358a	-
	0.01	92.00a	0.000a	9.03ab	- 0.137a	2.98ab	- 0.203a	0.330ab	- 0.078a
	0.02	90.00a	- 0.022a	9.02ab	- 0.138a	2.40bc	- 0.358ab	0.266bc	- 0.257ab
	0.03	87.33a	- 0.051a	8.91ab	- 0.148a	2.12bc	- 0.433ab	0.238c	- 0.335b
	0.04	86.67a	- 0.058a	8.55b	- 0.183a	1.83c	- 0.511b	0.214c	- 0.402b
叶 Leaf	0(CK)	92.41a	-	10.07a	-	3.45a	-	0.342a	-
	0.01	92.07a	- 0.004a	9.37ab	- 0.070a	2.85a	- 0.174a	0.301a	- 0.120a
	0.02	88.08a	- 0.047a	7.82bc	- 0.223ab	1.11b	- 0.678b	0.142b	- 0.585b
	0.03	76.67b	- 0.170a	7.08c	- 0.297ab	0.85b	- 0.753b	0.120b	- 0.649b
	0.04	74.67b	- 0.192a	6.45c	- 0.360b	0.60b	- 0.826b	0.093b	- 0.728b

注：同列数字后小写字母表示在 5 % 水平上的差异显著性，下同。  
Note: The small letters in the same column after the number stands for significant difference at the level of 5 %. The following is the same.

指数值,可见同一浓度下,辣椒全株、根、茎、叶水浸液化感抑制作用强弱不同。在 0.04 g/ mL 浓度下,以发芽率进行比较分析,各部位水浸液化感抑制强弱依次为叶>全株>茎>根;以发芽指数分析,化感抑制强弱依次为叶>全株>根>茎;以活力指数分析,化感抑制强弱依次为叶>根>全株>茎;以胚根鲜质量分析,化感抑制强弱依次为叶>根>茎>全株。

另外,由表 1 还可以看出,辣椒各部位同一浓度水浸液对辣椒种子活力指数和胚根鲜质量的化感效应比发芽率和发芽指数显著,可能是芽苗根部为化感物质直接作用的部位,因此受化感抑制程度相对较大,这与侯永侠等<sup>[31]</sup>的研究结果一致。

2.2 辣椒不同部位水浸液对番茄种子发芽的影响及其化感作用变化

从表 2 可以看出,辣椒植株全株、根、茎、叶水浸液对番茄种子发芽均有抑制作用。辣椒不同部位水浸液处理番茄种子后,其发芽率、发芽指数、活力指数和胚根鲜质量均比对照降低,水浸液对番茄种子萌发的抑制作用随浓度增大而逐渐增强,呈浓度效应。以发芽率分析,根、叶、全株水浸液浓度达 0.04 g/ mL 时,其发芽率均显著低于对照,茎水浸液则效应不显著。以发芽指数、活力指数和胚根鲜质量分析,当辣椒各部位水浸液浓度 0.03 g/ mL 时,与对照相比,各指标值均显著降低。

另由表 2 可见,用辣椒不同部位水浸液处理番茄种子后,其种子发芽率、发芽指数、活力指数和胚根鲜质量的化感效应指数(RI)均为负值,且随着浓度的增加,RI 绝对值逐渐增大或显著增大,表明化感作用增强。以发芽率的 RI 值分析,当叶水浸液浓度达 0.04 g/ mL 时,其 RI 值高达 - 0.73,化感效应显著高于其他各浓度处理,而全株、根、茎水浸液各浓度处理间差异不明显。以发芽指数、活力指数和胚根鲜质量的 RI 值分别分析,当辣椒各部位水浸液浓度分别达 0.04 g/ mL 时,其各自的 RI 值几乎都显著高于 0.01 g/ mL 低浓度处理,表明高浓度的辣椒水浸液化感抑制作用最强。

2.3 辣椒不同部位水浸液的敏感指数及辣椒和番茄种子发芽的敏感性差异

敏感指数(SI)的大小可衡量供体对受体的综合化感(自毒)作用或者评价受体对供体化感(自毒)作用的敏感性。由表 3 可见,辣椒不同部位水浸液对番茄和辣椒种子发芽的自毒作用不同。对番茄种子自毒作用程度,以辣椒叶水浸液自毒作用最强,茎水浸液自毒作用最弱,辣椒不同部位水浸液的化感敏感性由强到弱依次为:叶>全株>根>茎;而对辣椒种子自毒作用程度,以辣椒叶水浸液自毒作用最强,全株水浸液自毒作用最弱,辣椒不同部位水浸液的化感敏感性由强到弱依次为:叶>根>茎>全株。综合而言,以辣椒叶水浸液对番茄和辣椒种子萌发

的自毒作用最强。

另外,由表 3 可以看出,辣椒和番茄种子发芽对辣椒不同部位水浸液的自毒作用敏感性也表现差异。受辣椒全株和叶水浸液自毒作用的影响,番茄和辣椒的 SI 值分别为 - 0.373, - 0.197 和 - 0.429, - 0.367,则番茄的敏感性强于辣椒;受辣椒茎和根水浸液自毒作用的影响,番茄和辣椒的 SI 值分别为 - 0.191, - 0.207 和 - 0.253, - 0.255,则辣椒的敏感性略强于番茄。

表 2 辣椒不同部位水浸液对番茄种子发芽的影响及其化感潜力

Tab. 2 Effects of aqueous extracts of different concentrations of different parts of hot pepper on seed germination of tomato and allelopathy potential									
供体部位 Donor parts	水浸液浓度/ (g/ mL) Concentration of aqueous extracts	发芽率/ % Germination rate	RI <sub>GR</sub>	发芽指数 Germination index	RI <sub>GI</sub>	活力指数 Vigor index	RI <sub>VI</sub>	胚根鲜质量/ g Fresh root weight	RI <sub>FRW</sub>
全株 Whole plant	0(CK)	85.58a	-	12.52a	-	12.34a	-	0.986a	-
	0.01	84.91a	- 0.008a	10.41b	- 0.169a	9.73a	- 0.212a	0.935a	- 0.052a
	0.02	83.18a	- 0.028a	8.71b	- 0.304ab	5.31b	- 0.570b	0.610b	- 0.381b
	0.03	72.23b	- 0.156a	6.49c	- 0.482b	3.15c	- 0.745bc	0.485c	- 0.508bc
	0.04	71.39b	- 0.166a	5.65c	- 0.549b	1.41c	- 0.886c	0.250d	- 0.747c
根 Root	0(CK)	90.00a	-	13.68a	-	11.40a	-	0.833a	-
	0.01	88.00ab	- 0.022a	12.36a	- 0.097a	10.16ab	- 0.109a	0.822a	- 0.013a
	0.02	82.67ab	- 0.082a	11.83a	- 0.135a	9.05b	- 0.206a	0.765a	- 0.082ab
	0.03	80.67ab	- 0.104a	9.78b	- 0.285ab	5.66c	- 0.504b	0.579b	- 0.305b
	0.04	77.33b	- 0.141a	7.26c	- 0.469b	2.03d	- 0.822c	0.279c	- 0.665c
茎 Stem	0(CK)	87.30a	-	13.37a	-	12.14a	-	0.908a	-
	0.01	86.70a	- 0.007a	13.11a	- 0.019a	10.46ab	- 0.138a	0.798b	- 0.121a
	0.02	86.30a	- 0.012a	12.51a	- 0.064a	9.73b	- 0.199a	0.778b	- 0.143a
	0.03	86.00a	- 0.015a	11.38ab	- 0.149a	8.59b	- 0.292a	0.755b	- 0.169a
	0.04	85.30a	- 0.023a	9.62b	- 0.281a	2.96c	- 0.756b	0.308c	- 0.661b
叶 Leaf	0(CK)	89.41a	-	13.46a	-	13.04a	-	0.969a	-
	0.01	87.00a	- 0.027a	12.99a	- 0.160a	11.92ab	- 0.204a	0.918a	- 0.053a
	0.02	84.37a	- 0.056a	10.53b	- 0.319ab	9.62b	- 0.358a	0.913a	- 0.058a
	0.03	82.80a	- 0.074a	7.53c	- 0.513b	2.41c	- 0.839b	0.320b	- 0.670b
	0.04	24.13b	- 0.730b	2.06d	- 0.867c	0.12c	- 0.992b	0.058b	- 0.940b

表 3 辣椒不同部位水浸液对番茄和辣椒种子萌发的化感作用敏感指数(SI)

Tab. 3 Allelopathy sensitivity indexes of aqueous extract of different parts of hot pepper on the seed germination of hot pepper and tomato			
供体部位 Donor parts	水浸液浓度/ (g/ mL) Concentration of aqueous extracts	辣椒 Hot pepper	番茄 Tomato
全株 Whole plant	0.01	- 0.065	- 0.110
	0.02	- 0.152	- 0.321
	0.03	- 0.245	- 0.473
	0.04	- 0.326	- 0.587
	平均	- 0.197	- 0.373
根 Root	0.01	- 0.083	- 0.060
	0.02	- 0.270	- 0.126
	0.03	- 0.316	- 0.300
	0.04	- 0.350	- 0.524
	平均	- 0.255	- 0.253
茎 Stem	0.01	- 0.105	- 0.073
	0.02	- 0.194	- 0.103
	0.03	- 0.242	- 0.156
	0.04	- 0.289	- 0.430
	平均	- 0.207	- 0.191
叶 Leaf	0.01	- 0.092	- 0.111
	0.02	- 0.383	- 0.198
	0.03	- 0.467	- 0.524
	0.04	- 0.527	- 0.882
	平均	- 0.367	- 0.429

3 结论与讨论

辣椒全株、根、茎、叶不同浓度水浸液对辣椒和番茄种子发芽都表现为化感抑制作用,亦即辣椒具有自毒作用,并呈浓度效应型,即随着水浸液浓度的增大,自毒作用增强。这与在其他植物上的试验结果基本相似<sup>[14,15]</sup>,但没有表现低浓度促进高浓度抑制的双重浓度效应<sup>[10,29]</sup>。

辣椒植株不同部位水浸液对番茄和辣椒种子发芽的化感抑制作用不同,这与在其他植物上的同类研究结果基本一致<sup>[12,15,16,19,29]</sup>,推测辣椒不同部位中化感物质的种类、浓度、分泌方式和释放途径存在差异。

本试验表明,辣椒叶的自毒作用最强,这一结果与杨广超等<sup>[14]</sup>的研究结果相一致。根、茎、叶相比,叶浸提液的抑制作用最强,这也许是叶片中自毒物质含量最高所致。辣椒根、茎、叶及全株的水浸提液均能抑制辣椒和番茄种子发芽,说明辣椒根、茎、叶中含有抑制种子萌发的自毒物质,这可能是辣椒通过淋溶、残留及腐解作用产生连作障碍的原因之一。建议在大田生产中,应及时将辣椒的残株落叶清理掉,以减轻辣椒根、茎、叶通过雨水淋溶等作用对其

下茬作物造成不利影响。

近年来,通过对内源抑制物质的研究,发现相当数量的植物种子发芽率不高的一个重要原因,是与脱落酸、香豆素、某些酚类和生物碱等种子萌发抑制物质有关<sup>[36,37]</sup>。抑制作用的大小与水浸液中浸提出的抑制物质的种类和量有关。本试验表明,辣椒不同部位水浸提液中存在抑制种子萌发的物质,这种物质的存在产生自毒作用,从而降低了种子活力。

在同一块地上,连续种植同一种作物,由于自毒物质积累过多,抑制种子萌发和作物生长,造成连作障碍。采用轮作后,根系土壤微生物活性得到改善,同时原来的自毒物质在较长时间内挥发、分解或被土壤吸附固定,使自毒物质浓度降低,减轻自毒作用<sup>[12]</sup>。因此,辣椒采用轮作或增施优质有机肥,改善根系分泌物种类,提高土壤微生物活性,促进自毒物质的分解,可减轻因自毒作用而带来的连作障碍。

#### 参考文献:

- [1] 张晓玲,潘振刚,周晓锋,等. 自毒作用与连作障碍[J]. 土壤通报, 2007, 38(4): 781 - 784.
- [2] Rice E L. Allelopathy (2nd edition) [M]. New York: Academic Press, 1984: 1 - 50.
- [3] Singh H P, Batish D R, Kohli R K. Autotoxicity: concept, organisms, and ecological significance [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 1999, 18: 757 - 772.
- [4] 程智慧, 耿广东, 张素勤, 等. 辣椒对莴苣的化感作用及其成分分析[J]. 园艺学报, 2005, 32(1): 100 - 106.
- [5] Suchiya K. Problems on allelopathy in vegetable cropping [J]. Agriculture and Horticulture, 1990, 65: 9 - 16.
- [6] Chou C H, Lin H J. Auto-intoxication mechanisms of *Oryza sativa*. Phytotoxic effects of decomposing rice residues in soil [J]. J Chem Ecol, 1976, 2: 353 - 367.
- [7] Brinker A M, Greasy L L. Inhibition as a possible basis for grape replant problem [J]. J Am Soc Horticult Sci, 1988, 113: 304 - 309.
- [8] Chung I M, Miller D A. Effects of alfalfa plant and soil extracts on germination and growth of alfalfa [J]. Agron J, 1995b, 87: 762 - 767.
- [9] 吴风芝, 赵风艳, 刘元英. 设施蔬菜连作障碍原因综合分析及防治措施[J]. 东北农业大学学报, 2000, 31(3): 241 - 247.
- [10] 苏彩霞. 番茄、茄子的根茬浸提液和腐解液对茄果类作物生长及其病害发生的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2004.
- [11] 王芳, 王敬国. 茄子秸秆水提物自毒作用初探[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 51 - 53.
- [12] 杨广超, 吕卫光, 朱静, 等. 西瓜根、茎、叶水浸提液对西瓜种子萌发及幼苗中酶活性的影响[J]. 西北农业学报, 2005, 14(1): 46 - 51.
- [13] 孙瑶. 黄瓜、黑籽南瓜根系对自毒物质响应差异的研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2005.
- [14] 杨广超, 吕卫光, 沈其荣, 等. 西瓜的自毒作用研究[J]. 上海农业学报, 2004, 20(3): 82 - 85.
- [15] 邹丽芸, 喻景权. 西瓜植株水浸提物对西瓜种子萌发的影响[J]. 浙江农业科学, 2004(4): 181 - 182.
- [16] 林思祖, 黄世国, 曹光球. 杉木自毒作用的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(6): 661 - 664.
- [17] 罗侠, 潘存德, 黄闽敏, 等. 天山云杉凋落物提取液对种子萌发和幼苗生长的自毒作用[J]. 新疆农业科学, 2006, 43(1): 1 - 5.
- [18] 冯志红, 闫立英, 王久兴, 等. 连作栽培中自毒物质对黄瓜种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2005, 24(6): 41 - 44.
- [19] 曹潘荣, 骆世明. 茶树的自毒作用[J]. 广东茶业, 1996(2): 9 - 11.
- [20] Putnam A R. The Science of Allelopathy [M]. New York: Wiley Interscience, 1986: 101 - 110.
- [21] Yu J Q, Matsui Y. Effects of root exudates of cucumber (*Cucumis sativus*) and allelochemicals on ion uptake by cucumber seedlings [J]. J Chem Ecol, 1997, 23: 817 - 827.
- [22] 甄文超, 曹克强, 代丽, 等. 连作草莓根系分泌物自毒作用的模拟研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(6): 828 - 832.
- [23] 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]. 大豆科学, 2000, 19(2): 119 - 125.
- [24] 喻景权, 松井久佳. 豌豆根系分泌物自毒作用的研究[J]. 园艺学报, 1999, 26(3): 175 - 179.
- [25] 谢丽静. 钙对苯丙氨酸胁迫下黄瓜若干生理指标的影响[D]. 福州: 福建农林大学, 2007.
- [26] 宋君. 植物间的他感作用[J]. 生态学杂志, 1990, 9(6): 43 - 47.
- [27] 沈慧敏, 郭鸿儒, 黄高宝. 不同植物对小麦、黄瓜和萝卜幼苗化感作用潜力的初步评价[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4): 740 - 743.
- [28] 王大力, 祝心如. 豚草的化感作用研究[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 11 - 19.
- [29] 李春龙, 贺阳冬, 陈华, 等. 辣椒连作障碍机制初探及其下茬作物的初选[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(26): 8187 - 8188.
- [30] 耿广东. 辣椒化感作用及其机理研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2005.
- [31] 侯永侠, 周宝利, 吴晓玲, 等. 辣椒秸秆腐解物化感作用的研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(4): 699 - 702.
- [32] 张素勤, 耿广东, 陈西海. 不同辣椒品种的化感作用研究[J]. 中国种业, 2007(9): 39 - 40.
- [33] 邓明华, 文锦芬, 邹学校, 等. 辣椒植株水浸提液对生菜和大白菜化感作用的初步研究[J]. 云南农业大学学报, 2007, 22(3): 452 - 455.
- [34] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181 - 187.
- [35] 马瑞君, 王明理, 赵坤, 等. 高寒草场优势杂草黄帚囊吾水浸液对牧草的化感作用[J]. 应用生态学报, 2006, 17(5): 845 - 850.
- [36] 张茂新, 凌冰, 孔垂华, 等. 薇甘菊挥发油的化感作用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1300 - 1302.
- [37] 张淑香, 高子勤. 连作障碍与根际微生物生态研究——土壤酚酸物质及其生物学效应[J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 741 - 744.