

# 嫁接茄子根系分泌物的化感效应\*

张凤丽 周宝利\*\* 王茹华 何雨

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

**【摘要】** 采用室内生物测定的方法,研究了不同砧木、不同浓度和不同生育期嫁接茄子根系分泌物的化感效应。结果表明,嫁接茄根系分泌物与自根茄相比,促进了茄子种子的萌发和幼苗生长。各砧木品种嫁接茄根系分泌物的化感效应显著或极显著高于对照,其中发芽率和苗高最高,增加29.1%和37.1%;不同浓度试验结果呈现“低促高抑”的规律,当浓度为 $0.04\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时发芽率最高,比对照增加50%,当浓度增加到 $0.24\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ 时,根长比对照降低了30.3%;在生长后期嫁接茄的根系分泌物对种子萌发的促进作用小于前中期,而自根茄抑制作用增强。因此,生产中使用嫁接技术是缓解由自毒作用引起的连作障碍的有效方法之一。

**关键词** 化感作用 根系分泌物 茄子 嫁接 自毒作用

**文章编号** 1001-9332(2005)04-0750-04 **中图分类号** Q948.12<sup>+</sup>2.1 **文献标识码** A

**Allelopathic effects of grafted eggplant root exudates.** ZHANG Fengli, ZHOU Baoli, WANG Ruhua, HE Yu (College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(4):750~753.

By the methods of bioassay, this paper studied the allelopathic effects of different concentrations root exudates from the eggplants grafted with different stocks and at different growth stages. The results showed that compared with that of own-rooted eggplant, the root exudates from grafted eggplants promoted the seed germination and seedling growth of eggplants, and, in comparing with the control (water), they increased the germination rate and plant height by 29.1% and 37.1%, respectively. The seed germination and root length of eggplants was increased at lower concentrations root exudates, but decreased at higher concentrations. The germination rate was increased up to 50% above control at  $0.04\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ , and the inhibition of root length was up to 30.3% at  $0.24\text{ g}\cdot\text{ml}^{-1}$ . The promotion effect of the root exudates from late growth stage grafted eggplants on seed germination was less than that from other growth stage grafted eggplants. Own-rooted eggplant had an intensified inhibitory effect at its late growth stage. Grafting was one of the effective methods for relieving the continuous cropping obstacles caused by autotoxicity.

**Key words** Allelopathy, Root exudates, Eggplant, Graft, Autotoxicity.

## 1 引言

植物化感作用,是指植物(含微生物)通过向环境中释放化学物质而产生对其它植物或微生物有益或有害的作用<sup>[18]</sup>。植物种内的化感作用称为自毒作用<sup>[19]</sup>。大多数作物都存在自毒作用,这已在水稻、甘蔗、大麦、豌豆等作物中得到证实<sup>[2,6,21,25]</sup>。蔬菜生产中,随着设施栽培面积的增加,生产的专业化和工厂化,连作障碍日益严重<sup>[24]</sup>,已成为可持续农业发展的限制性因素<sup>[5]</sup>,其中根系分泌物和残茬腐解物等引起的自毒作用<sup>[8,24,28]</sup>是造成连作障碍的重要因素之一。

关于茄子(*Solanum melongena*)连作障碍中化感作用的研究,尤其茄子根系分泌物化感效应的研究至今报道较少,而对嫁接茄子根系分泌物的化感效应研究还未见报道。本试验通过对嫁接茄根系分

泌物化感效应的研究,确定茄子自毒作用及嫁接的解毒作用,为茄子连作障碍中化感作用的研究提供证据和对策,为解决茄子连作障碍提供参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

不同砧木嫁接茄根系分泌物供试材料:嫁接茄砧木为9种:4个茄子砧木,5个番茄(*Lycopersicon esculentum*)砧木,茄子砧木为托鲁巴姆(TL)、刺茄(Ci)、赤茄(Chi)、刚果茄(GG);番茄砧木为:毛粉(MF)、沈粉(SF)、嘉禾(JH)、金海丰(JHF)和樱桃番茄(YT),接穗都为西安绿茄,试验设10个处理,分别用E/TL(托鲁巴姆嫁接苗)、E/Ci(刺茄嫁接苗)、E/Chi(赤茄嫁接苗)、E/GG(刚果茄嫁接苗)和T/MF(毛粉嫁接苗)、T/SF(沈粉嫁接苗)、T/JH(嘉禾嫁接苗)、T/JHF(金

\*国家自然科学基金项目(30370971)、国家“863”计划项目(2004AA247010)和辽宁省教育厅基金资助项目(2004D206)。

\*\*通讯联系人。

2004-04-08收稿,2004-08-03接受。

海丰嫁接苗)、T/YT(樱桃嫁接苗)表示嫁接茄,QZ表示西安绿茄自根茄。

嫁接茄不同生育期和不同浓度根系分泌物供试材料:TL(托鲁巴姆自根苗)、E/TL(托鲁巴姆嫁接苗)、MF(毛粉自根苗)、T/MF(毛粉嫁接苗)、QZ(西安绿茄自根苗)。

所有试验受体种子都为西安绿茄,茄子和番茄种子由沈阳农业大学园艺系和辽宁省农科院提供。

## 2.2 实验方法

**2.2.1 供试材料的培养** 试验于2003年在沈阳农业大学蔬菜基地10号日光温室内进行,1月18日播种砧木,2月12日播种接穗,营养钵育苗,当砧木4~5片真叶时采用劈接法嫁接,嫁接后常规管理,嫁接苗成活后,将嫁接苗和自根苗一同移至内径为20.5 cm的瓦盆中进行盆栽,每盆一株,盆栽基质为珍珠岩:草炭:蛭石=3:2:1。培养期间,每周浇两次Hoagland's营养液。每个试验均设3次重复,随机排列。

**2.2.2 根系分泌物的收集、浓缩** 将茄子植株从基质中取出,先后用清水和蒸馏水充分清洗附着在根系上的基质,然后将根系放入盛有300 ml蒸馏水并包有黑塑料布的玻璃容器中,室温下连续通气培养3 h<sup>[30]</sup>,小心取出根系,每个处理连续收集5株,将收集液定容、过滤备用。整个过程尽量减少根系损伤。收集液用MAXI dry Lyo真空冷冻浓缩仪浓缩至所需浓度。

不同砧木试验于5月29日茄株现蕾期收集;不同生育期试验分别在6月1日(现蕾期)、6月26日(门茄膨大期)、7月20日(对茄膨大期)收集,文中分别用前期、中期、后期表示;不同浓度试验于5月29日茄株现蕾期收集,原液浓度为 $0.04 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ ( $1 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 为1 ml水溶液中含有1 g鲜根植株的根系分泌物水提液),试验设0.04、0.12和 $0.24 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 3个浓度处理。

**2.2.3 生物测定** 采用滤纸培养皿法<sup>[9,29]</sup>:在铺有两张直径9.0 cm定性滤纸的培养皿中,放入经10%  $\text{H}_2\text{O}_2$ 消毒处理,浸种膨胀均匀一致的茄子种子各50粒,加入5 ml根系分泌物收集液。放入多功能气候培养箱中培养,变温管理,30℃ 16 h,18℃ 8 h,每天补充适量水分以保持滤纸湿度。培养至种子发芽后,连续7 d记录发芽率,计算发芽速度指数 $I$ , $I = 2(7 \times B_2 + 6 \times C_2 + 5 \times D_2 + 4 \times E_2 + 3 \times F_2 + 2 \times G_2 + 1 \times H_2)$ <sup>[13]</sup>,最后测定总发芽率、胚根长、苗高。各处理均设3次重复。

**2.2.4 数据统计分析方法** 参照Williamson等<sup>[22]</sup>的方法,采用化感作用效应指数(RI),

$$RI = \begin{cases} 1 - C/T & \text{当 } T \geq C \text{ 时} \\ T/C - 1 & \text{当 } T < C \text{ 时} \end{cases}$$

其中,C为对照值,T为处理值,RI为化感作用效应,RI>0为促进作用,RI<0为抑制作用,绝对值大小与作用强度一致。用Duncan法进行显著性分析,均以RI值作为原始数据进行,采用DPS程序处理。

## 3 结果与分析

### 3.1 不同砧木嫁接茄根系分泌物的化感效应

由表1可见,在本试验所采用的浓度下,嫁接茄和自根茄的根系分泌物对茄子种子萌发和幼苗生长都有不同程度的促进作用。自根茄(QZ)根系分泌物的促进作用相对较小,嫁接茄(除T/MF)促进作用显著或极显著大于自根茄和CK。嫁接茄中,发芽率最高比自根茄增加27.1%,比对照增加29.1%;苗高最高比自根茄增加33.7%,比对照增加37.1%。不同嫁接处理差异不显著。

表1 不同砧木嫁接茄根系分泌物对种子萌发和幼苗生长的影响  
Table 1 Effect of root exudates from grafted eggplants with different stocks on germination and growth of eggplants

处理 Treatment	发芽率(RI) Germination rate	发芽速度指数(RI) Germination rate index	根长(RI) Root length	苗高(RI) Plant height
E/G	0.162 abA	0.764 aA	0.143 aA	0.333 aA
E/Ch	0.132 abA	0.585 aAB	0.142 aA	0.277 aAB
E/GG	0.120 abA	0.653 aA	0.075 abcAB	0.271 aAB
E/TL	0.075 abA	0.513 aAB	0.052 abcAB	0.222 abABC
T/JH	0.220 abA	0.763 aA	0.135 aAB	0.259 aAB
T/YT	0.236 aA	0.762 aA	-0.021 bcAB	0.262 aAB
T/SF	0.150 abA	0.677 aA	0.089 abAB	0.246 aAB
T/JHF	0.112 abA	0.651 aA	0.070 abcAB	0.260 aAB
T/MF	0.010 abA	0.141 bBC	-0.032 bcAB	0.032 cCD
QZ	0.000 bA	0.480 aAB	-0.059 cB	0.093 bcBCD
CK	0 bA	0 bC	0 abcAB	0 d

注:表中数据均为同一处理3次重复RI的平均值 Data are mean value of RI in same treatment. a和A分别表示与对照(CK)之间存在 $P=0.05$ 和 $P=0.01$ 水平显著性差异 a and A mean differences from control at 0.05 and 0.01 levels respectively. 下同 The same below.

### 3.2 不同生育期根系分泌物的化感效应

不同生育期茄子根系分泌物的化感效应不同(表2)。在试验所用浓度下,不同生育期的各处理对受体基本上表现为促进作用,生长后期即对茄膨大期根系分泌物对受体的促进作用较小,有的则表现为抑制作用,各时期总体规律性不强。同一时期植株的化感效应强度也不相同,托鲁巴姆自根苗(TL)化感效应稍强于嫁接苗(E/TL),而二者又强于西安绿茄自根苗(QZ);毛粉嫁接苗(T/MF)化感效应大于其自根苗(MF)。西安绿茄自根苗(QZ)的促进作用较小,甚至表现为抑制作用。

### 3.3 不同浓度根系分泌物的化感效应

根系分泌物对受体的影响因浓度而异,一般表现为低促高抑<sup>[10,11,16,25]</sup>,本试验得到相似的结果(表3),所有处理与对照相比都达到了显著或极显著水平。结果表明,浓度为 $0.04 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时对受体表现为促进作用,其中发芽率比对照高7.0%~50%;浓度为 $0.12 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时,则有的表现为促进,有的表现为抑制;浓度为 $0.24 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ 时,几乎全部表现为抑制作用,且抑制程度更大,与对照相比,对根长的抑制达到4.4%~30.3%。同一浓度不同处理,托鲁巴姆自根苗(TL)化感强度大于嫁接苗(E/TL),而毛粉嫁接苗(T/MF)大于其自根苗(MF),这与表2的实验结果相同。

表2 不同生育期嫁接茄根系分泌物对种子萌发和幼苗生长的影响

Table 2 Effect of root exudates from grafted eggplants on germination and growth of eggplants at different growth stages

发育期 Growth stage	处理 Treatment	TL	E/TL	MF	T/MF	QZ	CK
06-01 (前期 Early stage)	发芽率(RI)Germination rate	0.116 abA	0.125 abA	-0.014 abA	0.092 abA	-0.060 abA	0 abA
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	0.684 aA	0.642 abA	0.460 abAB	0.566 abA	0.525 abAB	0 cB
	根长(RI)Root length	0.022 abA	-0.008 abA	0.132 aA	-0.010 abA	0.045 abA	0 abA
	苗高(RI)Plant height	0.276 aA	0.265 aA	0.254 aA	0.174 aA	0.235 aA	0 aA
06-26 (中期 Mid stage)	发芽率(RI)Germination rate	0.201 aA	0.063 abA	0.013 abA	0.192 aA	-0.008 abA	0 abA
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	0.624 abA	0.431 abAB	0.414 abAB	0.634 abA	0.505 abAB	0 cB
	根长(RI)Root length	0.034 abA	-0.146 bA	-0.025 abA	0.000 abA	0.082 abA	0 abA
07-20 (后期 Post stage)	苗高(RI)Plant height	0.201 aA	0.124 aA	0.074 aA	0.214 aA	0.246 aA	0 aA
	发芽率(RI)Germination rate	0.223 aA	0.099 abA	0.090 abA	0.034 abA	-0.188 bA	0 abA
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	0.402 abAB	0.352 abcAB	0.337 abcAB	0.237 bcAB	0.327 abcAB	0 cB
	根长(RI)Root length	-0.076 abA	-0.038 abA	-0.105 bA	-0.083 abA	0.012 abA	0 abA
	苗高(RI)Plant height	0.099 aA	0.123 aA	0.007 aA	0.073 aA	0.226 aA	0 aA

表3 不同浓度嫁接茄根系分泌物对种子萌发和幼苗生长的影响

Table 3 Effect of root exudates from grafted eggplants on germination and growth of eggplants at different concentrations

浓度 Concentration(g·ml <sup>-1</sup> )	处理 Treatment	TL	E/TL	MF	T/MF	QZ	CK
0.04	发芽率(RI)Germination rate	0.201 **	0.063 **	0.013 **	0.192 **	-0.008 **	0
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	0.624 **	0.431 **	0.414 **	0.634 **	0.505 **	0
	根长(RI)Root length	0.034 **	-0.146 **	-0.025	0	0.082 **	0
	苗高(RI)Plant height	0.201 **	0.124 *	0.074 *	0.214 **	0.246 **	0
0.12	发芽率(RI)Germination rate	-0.059 **	-0.109 **	-0.270 **	-0.414 **	-0.117 **	0
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	0.230 **	0.234 **	-0.337 *	-0.277 *	-0.087	0
	根长(RI)Root length	-0.096 **	-0.179 **	-0.186 **	-0.183 **	-0.189 **	0
0.24	苗高(RI)Plant height	0.019	-0.063	-0.139	-0.017	-0.164	0
	发芽率(RI)Germination rate	-0.550 **	-0.099 **	-0.450 **	-0.441 **	-0.162 **	0
	发芽速度指数(RI)Germination rate index	-0.396 *	0.134 **	0.203 **	-0.516 *	-0.016	0
	根长(RI)Root length	-0.221 **	-0.244 **	-0.045 *	-0.303 **	-0.251 **	0
	苗高(RI)Plant height	0.111 *	-0.115	0.137 *	-0.141	-0.173	0

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

## 4 讨论

### 4.1 茄子根系分泌物的化感作用

作物根系分泌物的化感效应已有很多报道<sup>[10,26,27,31]</sup>,其作用受许多因素影响<sup>[3,4,17,25,32]</sup>.本试验表明,不同生长期茄子根系分泌物的化感效应有所差异.茄子生长到后期,其根系分泌物的促进作用越来越小,抑制作用增强,可能茄子从生长盛期逐渐进入衰老期,体内代谢变化导致根系分泌物中化感物质的组成和浓度发生相应改变.另外,当根系分泌物浓度低时,表现为促进自身种子的萌发和幼苗生长;当浓度增大则表现为抑制,即自毒作用,而且随浓度升高,抑制作用增强.生产中茄子连作栽培导致根系分泌物中抑制物质的积累,当达到一定浓度即产生抑制茄子自身生长的作用.

### 4.2 嫁接对茄子根系分泌物化感作用的影响

嫁接换根改变了茄子植株根系分泌物的化感效应,试验表明,相同浓度的砧木和嫁接茄对受体的促进作用大于自根茄,表现出嫁接优势,不同浓度的砧木和嫁接茄也表现为低促高抑的规律.基本上生长后期化感强度不如前、中期,但相对于自根茄,仍有

优势.总之,嫁接使根系分泌的物质向有利于茄子种子萌发和幼苗生长的方向发生了变化.不同砧木品种嫁接茄间的化感效应差异不显著.而不同砧木与其嫁接茄相比,作用规律也不相同,茄子砧木化感作用要强于其嫁接苗,而番茄砧木的嫁接苗强于砧木,表明嫁接后根系分泌物发生了变化.

### 4.3 茄子化感作用与连作障碍

茄子生长周期长,复种指数高,生产上不可避免发生连作障碍<sup>[23]</sup>,其原因除了土传病虫害和土壤理化性状的劣变,自毒作用也是重要因素.根系分泌物中有毒物质的长期积累是产生自毒作用的主要原因之一,嫁接使茄子根系分泌物的化感效应发生变化,促进了茄子的生长,缓解了连作造成的自毒作用,嫁接也间接改变了根际环境,使其不利于根际中病菌的生存<sup>[33]</sup>.因此,生产中使用嫁接技术是克服连作障碍行之有效的方法<sup>[7,20]</sup>.另外,合理安排耕作制度,增施有机肥,选育抗性品种等也是减轻连作障碍的有效措施<sup>[1,12,14,15]</sup>.

## 参考文献

- 1 Anaya AL. 1999. Allelopathy as a tool in the management of biotic resources in agroecosystems. *Crit Rev Plant Sci*, 18(6): 697~739

- 2 Ben-Hammouda M, Ghorbal H, Kremer RJ. 2002. Autotoxicity of barley. *J Plant Nutr*, 25(6):1155~1161
- 3 Chen L-C(陈龙池), Liao L-P(廖利平), Wang S-L(汪思龙), et al. 2002. A review for research of root exudates ecology. *Chin J Ecol* (生态学杂志), 21(6):57~62(in Chinese)
- 4 Chon Sang UK, Coutts JH, Nelson CJ, et al. 2000. Effects of light, growth media, and seedling orientation on bioassays of alfalfa autotoxicity. *Agron J*, 92(4):715~720
- 5 Daizy RB, Singh HP, Kohli RK, et al. 2001. Crop allelopathy and its role in ecological agriculture. In: Ravinder K ed. *Allelopathy in Agroecosystems*. India: The Haworth Press. 121~161
- 6 Fageria NK, Baligar VC. 2003. Upland rice and allelopathy. *Comm Soil Sci Plant Anal*, 34(9~10):1311~1329
- 7 Gao M-X(高梅秀), Li S-H(李树和), Liu Y-Q(刘玉芹), et al. 2001. Effect of different stocks on resistance, physical activity and output of eggplant. *Acta Horticult Sin* (园艺学报), 28(5):463~465(in Chinese)
- 8 Gao Z-Q(高子勤), Zhang S-X(张淑香). 1998. Continuous cropping obstacle and rhizospheric microecology I. Root exudates and their ecological effects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(5):549~554(in Chinese)
- 9 Han L-M(韩丽梅), Wang S-Q(王树起), Ju H-Y(鞠会艳), et al. 2000. Identification and study on allelopathy of soybean root exudates. *Soybean Sci* (大豆科学), 19(2):119~125(in Chinese)
- 10 Hu F(胡飞), Kong C-H(孔垂华). 2002. Allelopathic potentials of *Arachis hypogaea* on crops. *J South China Agric Univ* (华南农业大学学报), 23(1):9~12(in Chinese)
- 11 Kaushal R, Verma KS, Singh KN. 2003. Effect of *Grewia optiva* and *Populus deltoides* leachates on field crops. *Allelopathy J*, 11:229~234
- 12 Kong C-H(孔垂华), HU F(胡飞), Chen X-H(陈雄辉), et al. 2002. Assessment and utilization of allelopathic crop varietal resources. *Sci Agric Sin* (中国农业科学), 35(9):1159~1164(in Chinese)
- 13 Leather GR, Einhelling FA. 1986. Bioassays in the study of allelopathy. In: Putnam AR, Tang CS, eds. *The Science of Allelopathy*. New York: John Wiley & Sons. 133~145
- 14 Lü W-G(吕卫光), Zhang C-L(张春兰), Yuan F(袁飞), et al. 2002. Mechanism of organic manure relieving the autotoxicity to continuous cropping cucumber. *Acta Agric Shanghai* (上海农业科学), 18(2):52~56(in Chinese)
- 15 Mou Z-P(牟子平), Lei H-M(雷红梅). 1999. Allelopathy in the crop intercropping. *J Hunan Agric Univ* (湖南农业大学学报), 25(3):262~266(in Chinese)
- 16 Pramanik MHR, Asao T, Yamamoto T, et al. 2001. Sensitive bioassay to evaluate toxicity of aromatic acids to cucumber seedlings. *Allelopathy J*, 18(2):161~169
- 17 Pramanik MHR. 2000. Effects of temperature and photoperiod on phytotoxic root exudates of cucumber in hydroponic culture. *J Chem Ecol*, 26(8):1953~1967
- 18 Rice EL. 1984. *Allelopathy*. New York: Academy Press. 151~187
- 19 Singh HP, Kohli RK, Batish DR. 1999. Autotoxicity: Concept, organisms, and ecological significance. *Crit Rev Plant Sci*, 18(6):757~772
- 20 Sun Y(孙艳), Huang W(黄炜), Tian X-H(田霄鸿). 2002. Study on growth situation, photosynthetic characteristics and nutrient absorption characteristics of grafted cucumber seedlings. *Plant Nutrit Fert Sci* (植物营养与肥料学报), 8(2):181~185(in Chinese)
- 21 Wang TSC, Kao MM, Li SW. 1984. The exploration and improvement of the yield decline of monoculture sugarcane in Taiwan. In: Chou CH ed. *Tropical Plant. Monograph. No. 5*. Taipei, Taiwan: Institute of Botany, Academia Sinica. 1~9
- 22 Williamson GB, et al. 1988. Bioassay for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. *J Chem Ecol*, 14(1):181~187
- 23 Xing G-M(邢国明), Kang X-P(亢秀萍), Ji Q-Y(姬青云), et al. 2000. Advances in the research of cultivation of grafting aubergine and fruit vegetable. *J Shenyang Agric Univ* (沈阳农业大学学报), 31(1):144~146(in Chinese)
- 24 Yu J-Q(喻景权), Du Y-S(杜尧舜). 2000. Soil-sickness problem in the sustainable development for the protected production of vegetables. *J Shenyang Agric Univ* (沈阳农业大学学报), 31(1):124~126(in Chinese)
- 25 Yu J-Q(喻景权), Matsui Yoshihisa. 1999. Autointoxication of root exudates in *Pisum sativus*. *Acta Horticult Sin* (园艺学报), 26(3):175~179(in Chinese)
- 26 Yu JQ, Matsui Yoshihisa. 1994. Phytotoxic substances in root exudates of cucumber. *J Chem Ecol*, 20(1):21~30
- 27 Yu JQ, Shou SY, Qian YR, et al. 2000. Autotoxic potential of cucurbit crops. *Plant and Soil*, 223(1):147~151
- 28 Yu JQ. 1999. Autotoxic potential of vegetable crops. In: Narualss, ed. *Allelopathy Update-Basic and Applied Aspects*. NH, USA: Science Publishers Inc. 159~162
- 29 Zeng R-S(曾任森). 1999. Review on bioassay methods for allelopathy research. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(1):123~126(in Chinese)
- 30 Zhou B-L(周宝利), Jiang H(姜荷). 2001. Relation between characteristics of resistance to *Verticillium wilt* of eggplant by graftage and root exudates of eggplant. *J Shenyang Agric Univ* (沈阳农业大学学报), 32(6):414~417(in Chinese)
- 31 Zhou Z-H(周志红), Luo S-M(骆世明), Mou Z-P(牟子平). 1997. Allelopathic effect of tomato. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(4):445~449(in Chinese)
- 32 Zhou Z-H(周志红). 1999. Methods of allelopathy bioassay and the affecting factors. *Ecol Sci* (生态科学), 18(1):35~38(in Chinese)
- 33 Zhu L-X(朱丽霞), Zhang J-E(章家恩), Liu W-G(刘文高). 2003. Review of studies on interactions between root exudates and rhizospheric microorganisms. *Ecol Environ* (生态环境), 12(1):102~105(in Chinese)

作者简介 张凤丽,女,1979年生,在读硕士.主要从事蔬菜栽培生理与生态方面的研究. E-mail: zflbbb@tom.com