

# 辣椒根系分泌物的收集方法研究

张 婷 玉, 林 多, 杨 延 杰

(青岛农业大学 园艺学院, 山东 青岛 266109)

**摘 要:**以“保加利亚尖椒”、“948 辣椒”、“茄门甜椒”3 个辣椒品种为试材,采用水培方式,从根系气体环境、温度(15、20、25、30℃)、光照强度(0、60、117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )和收集时间(1、2、3、4、5、6 h)4 个方面研究了适合辣椒根系分泌物活体收集的方法;同时,以黄瓜幼苗为受体,对在该条件下收集的根系分泌液的化感作用进行了验证。结果表明:在通气条件下,温度为 20℃,光照强度为 117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,收集时间为 3 h 的辣椒根系分泌物收集量最大;辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长的影响符合化感物质“低促高抑”的趋势;该收集方法可以作为辣椒根系分泌物活体的收集方法。

**关键词:**辣椒;根系分泌液;收集方法;化感作用

**中图分类号:**S 643.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)12-0014-04

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是一种重要的茄果类蔬菜,随着专业化生产和设施栽培的发展,辣椒连作障碍逐年加重,当连作障碍发生时,轻者导致减产减收,重者则绝收<sup>[1-2]</sup>。已有研究<sup>[3-4]</sup>指出,化感效应是引起辣椒连

作障碍的主要因素之一。化感物质的来源主要有植株地上部和凋落物的挥发、淋溶,根系的分泌和植株残体的分解等途径,其中,根系分泌物的影响是不可忽视的一个重要因素<sup>[5-6]</sup>。已有研究<sup>[7-8]</sup>表明,影响植株根系分泌物的因素是多方面的,主要包括土壤理化特性、植物种类与发育阶段、矿质营养、光温和通气条件及根际微生物等。目前,阶段性植物根系分泌物的收集方法有多种,其中水培(溶液培)<sup>[9]</sup>是一种常用方法。采取合理方法对根系分泌物进行收集是化感作用研究中一个非常重要的环节,它不仅影响到所收集的物质是否可靠,而且关系到化感物质能否得到有效分离及准确鉴定<sup>[10]</sup>。有效合理的根系分泌物收集方法最直观的验证方法是收集到的根系分泌液能否对受体材料表现为低促高抑

**第一作者简介:**张婷玉(1988-),女,硕士研究生,研究方向为蔬菜营养生理。E-mail:741911879@qq.com.

**责任作者:**杨延杰(1972-),男,博士,副教授,研究方向为蔬菜栽培生理。E-mail:yangyanjie72@163.com.

**基金项目:**国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201103001);山东省现代农业产业技术体系蔬菜创新团队资助项目(SDAIT-02-022-06);青岛市科技计划发展项目公共领域科技支撑计划(农业科技)资助项目(12-1-3-22-nsh)。

**收稿日期:**2014-03-07

## Effect of Spraying Glycinebetaine on Physiological Responses of Apple Young Trees Under Drought Stress

WANG Gui-ping, WANG Jin-zheng, XUE Xiao-min, LU Chao, NIE Pei-xian  
(Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000)

**Abstract:** Taking one-year-old ‘Fuji’ apple trees as materials (with ‘*Malus hupehensis*’ as rootstock), the effect of spraying glycinebetaine on content of chlorophyll, soluble protein content, soluble sugar content, electrolyte leakage rate, MDA content and antioxidant enzyme activity (SOD activity, CAT activity) were studied under drought stress by pot experience. The results showed that exogenous glycinebetaine (GB) alleviated the decreases of chlorophyll and soluble protein, increased the proline content and soluble sugar accumulation in apple leaves during drought stress, ameliorated the water condition; meanwhile, increased the SOD and CAT activities, decreased the MDA content and cell membrane permeability, so the drought resistance of apple young tree was improved.

**Key words:** glycinebetaine (GB); apple; drought stress; physiological response

的化感浓度效应。

目前活体辣椒植株根系分泌物收集方法的研究鲜有报道。现以3个辣椒品种为试材,研究了辣椒根系分泌物分泌量与通气、温度、光照强度和收集时间的关系;并以黄瓜幼苗为受体材料进行化感浓度效应的验证,旨在探究辣椒活体根系分泌物的适宜收集方法,为辣椒根系分泌物化感效应研究提供前提基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试辣椒品种为“保加利亚尖椒”、“948 辣椒”、“茄门甜椒”;黄瓜品种为“鲁黄瓜3号”。

### 1.2 试验方法

**1.2.1 辣椒根系分泌液的制备** 试验于2012年春、夏在青岛农业大学园艺学院蔬菜基地及蔬菜生理实验室进行。将辣椒催芽播种于50孔穴盘,待辣椒幼苗长至四叶一心时,从基质中取出辣椒苗,先后用清水和蒸馏水充分清洗附着在根系上的基质,后将辣椒苗的根系放入盛有150 mL蒸馏水并包有黑塑料布的烧杯中,再将其放入LRH-400-GSI人工气候箱中收集。设4个试验处理:(1)通气与不通气条件的比较;(2)不同温度处理(15、20、25、30℃);(3)不同光照强度处理(光照强度为0、60、117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ );(4)不同收集时间(1、2、3、4、5、6 h)。以上各试验除特定的处理外,其余条件都相同。根据不同环境条件下根系分泌物收集液中氨基酸和蛋白质的光密度吸收值变化情况,确定根系分泌物的总量。采用ULTRASPEC紫外-可见分光光度计分别测定波长190、200、220 nm处氨基酸和波长280 nm处蛋白质的吸光值,以根系收集液中的氨基酸、蛋白质的峰值确

定最佳辣椒根系分泌液的收集条件<sup>[11]</sup>。

**1.2.2 辣椒根系分泌物对黄瓜幼苗生长的化感浓度效应验证** 在辣椒根系分泌液最佳收集条件下,收集辣椒“保加利亚尖椒”的根系分泌物原液浓度为0.01 g/mL,即:1 mL水溶液中含有0.01 g辣椒鲜根的根系分泌液。将收集的根系分泌液定容、过滤、并用真空冷冻浓缩仪浓缩至所需浓度、4℃存放备用。试验设0.01、0.04、0.16 g/mL 3个浓度,以蒸馏水为对照。选长势一致黄瓜的种子播种于50孔穴盘中浸种催芽,待黄瓜幼苗子叶完全展平时,分别用以上浓度根系分泌液浇灌,用量为5 mL  $\cdot \text{d}^{-1} \cdot \text{次}^{-1}$ ,连续浇灌6次,每处理3盘,3次重复,常规育苗管理。采用常规方法测定幼苗的株高、叶面积、植株鲜质量及干质量。

### 1.3 数据分析

化感作用效应指数(RI)参照吴凤芝等<sup>[12]</sup>和Willamson等<sup>[13]</sup>的方法进行分析,当 $T \geq C$ 时, $RI = 1 - C/T$ ;当 $T < C$ 时, $RI = T/C - 1$ 。其中:C为对照值,T为处理值,RI为化感效应指数( $RI < 0$ 为抑制作用, $RI > 0$ 为促进作用,RI绝对值与化感作用强度一致)。

试验数据采用Microsoft Excel、Origin(7.0)和DPS(7.05)软件进行数据统计分析及作图,差异显著性比较采用Duncan新复极差法。

## 2 结果与分析

### 2.1 通气条件对辣椒根系分泌物光密度吸收值的影响

由图1可以看出,在190、200、220、280 nm波长条件下,与不通气相比,通气均不同程度提高了3个辣椒品种的根系分泌物光密度吸收值,说明通气有利于辣椒根系分泌物的提取。

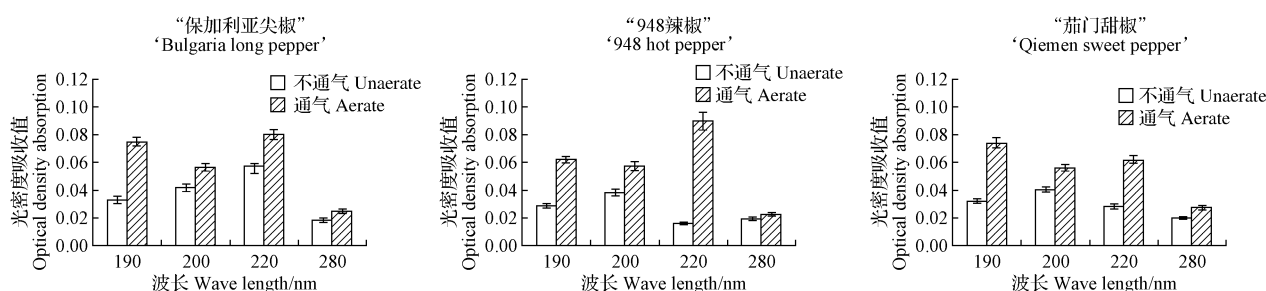


图1 通气条件对辣椒根系分泌物光密度吸收值的影响

Fig. 1 Effect of air condition on optical density absorption of pepper root exudates

### 2.2 温度对辣椒根系分泌物光密度吸收值的影响

随着温度的升高,辣椒根系分泌物光密度吸收值总体呈现出先升高后降低的趋势,且在不同波长条件下,3个辣椒品种根系分泌物均在提取温度为20℃时出现光密度吸收峰值(图2)。另外,由图2还可以看出,相同提取环境条件下,不同辣椒品种根系分泌量存在一定差异性。

### 2.3 光照强度对辣椒根系分泌物光密度吸收值的影响

由图3可以看出,不同光照强度对辣椒根系分泌量的影响存在显著性差异。随着光照强度的增加辣椒根系分泌物的分泌量呈现出逐渐增加的趋势,不同波长及品种之间的表现趋势一致。不同波长条件下,各品种辣椒根系分泌物光密度吸收值均在光照强度为117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 时达到最大值。

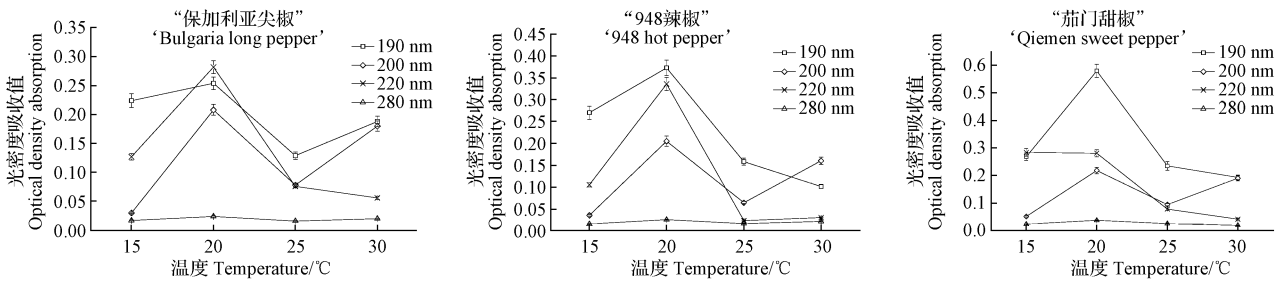


图2 温度对辣椒根系分泌液光密度吸收值的影响

Fig. 2 Effect of temperature condition on optical density absorption of pepper root exudates

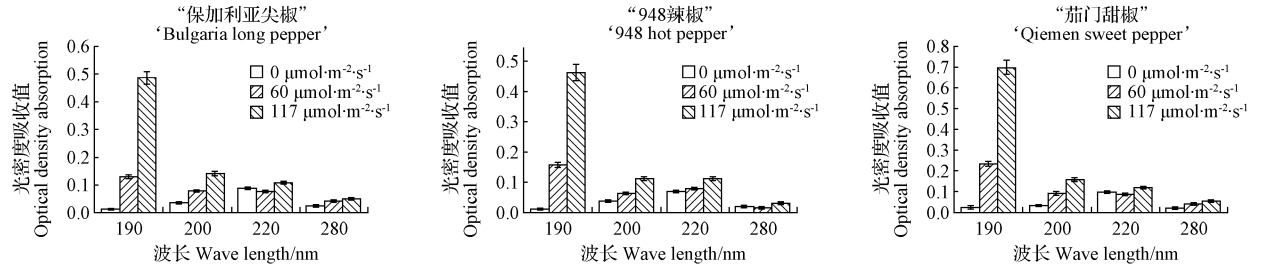


图3 光照强度对辣椒根系分泌液光密度吸收值的影响

Fig. 3 Effect of light intensity condition on optical density absorption of pepper root exudates

2.4 收集时间对辣椒根系分泌液光密度吸收值的影响

由图4可以看出,各波长条件下的辣椒根系分泌量在收集开始3 h 之内的变化无显著差异性,但总体呈现出

逐渐增加的趋势,以收集3 h 的根系分泌量最大;收集3 h 之后,根系分泌物光密度吸收值减小。3 个辣椒品种的根系分泌量存在一定差异性,但总体表现趋势一致。

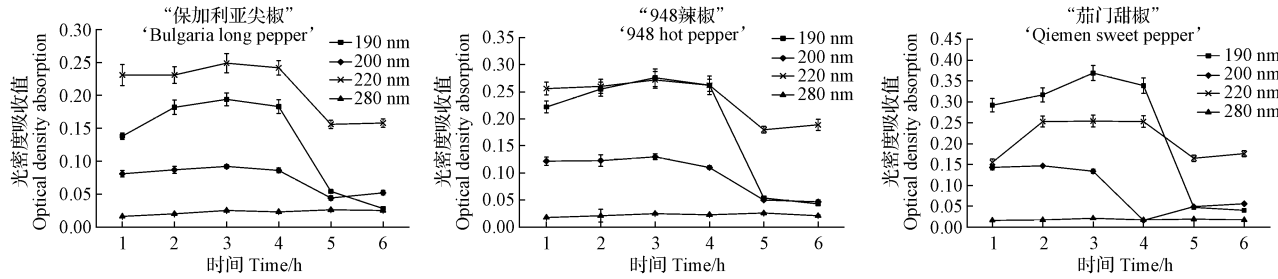


图4 收集时间对辣椒根系分泌液光密度吸收值的影响

Fig. 4 Effect of collection time on optical density absorption of pepper root exudates

2.5 辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长的化感浓度效应验证

从表1可以看出,当根系分泌液处理浓度为0.01 g/mL 时,与对照(CK)相比,对黄瓜幼苗株高无显著抑制影响,对幼苗叶面积及全株干鲜质量起到显著促

进作用。辣椒根系分泌液浓度超过0.01 g/mL 时,抑制了黄瓜幼苗的株高、叶面积、全株鲜质量及干质量等生长指标,且浓度越大,抑制程度越大。辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长的影响总体上符合“低促高抑”的化感浓度效应。

表1 辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长的影响

Table 1 Effect of pepper root exudates on the growth of cucumber seedlings

根系分泌液浓度 Root exudates concentration/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$	株高 Plant height/cm	RI 值 RI value	叶面积 Leaf area/ $\text{cm}^2$	RI 值 RI value	鲜质量 Fresh mass/g	RI 值 RI value	干质量 Dry mass/g	RI 值 RI value
0(CK)	4.283a	0.000	9.397c	0.000	3.821b	0.000	0.208c	0.000
0.01	4.023a	-0.061	17.055a	0.449	4.520a	0.155	0.255a	0.184
0.04	3.385ab	-0.210	15.842ab	0.407	4.250ab	0.101	0.239ab	0.130
0.16	2.358b	-0.449	13.526b	0.305	3.275c	-0.143	0.200c	-0.038

注:同列数字后不同小写字母分别表示差异达5%显著水平,RI 为化感效应指数。  
Note: Different lowercase letters mean significant differences from control at 5% levels, RI means response index.

### 3 讨论与结论

侯永侠等<sup>[14-15]</sup>研究表明,辣椒根系分泌物能够降低辣椒体内抗氧化保护酶活性,导致植株光合作用及根系吸收养分能力减弱,抑制植株正常生长并引起植株早衰。辣椒根系分泌物的分泌量不仅与植物自身生理特性相关,而且受到外界环境条件的影响<sup>[10]</sup>,另外,不同植物根系分泌物分泌量对外界环境变化的响应也存在一定差别<sup>[16]</sup>。王茹华等<sup>[11]</sup>研究表明,在温度为 25℃、光照强度为 300  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,收集时间为 5 h 的条件下,茄子根系分泌物的量最大。该试验结果表明,通气与否、温度、光照强度以及收集时间对辣椒根系分泌液光密度吸收值的影响存在较大差异性。其中,在通气条件下,温度达到 20℃,光照强度达到 117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,收集时间为 3 h 时的辣椒根系分泌物收集量最大。在该条件下收集的辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长化感效应的验证结果表明,辣椒根系分泌液对黄瓜幼苗生长的影响总体上符合“低促高抑”<sup>[17]</sup>的化感浓度效应。因此,该收集方法可以作为辣椒根系分泌物活体的收集方法。

#### 参考文献

- [1] 侯永侠,周宝利,吴晓玲.不同作物秸秆对辣椒的化感效应[J].生态学报,2009,28(6):1107-1111.
- [2] 周宝利,李燕,李东,等.化感物质松香酸对辣椒种子萌发、幼苗生长及根际微生物的影响[J].华北农学报,2010,25(5):155-160.
- [3] 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.
- [4] 王延平,王华田.植物根分泌的化感物质及其在土壤中的环境行为

- [J].土壤通报,2010,41(2):501-507.
- [5] 杨广君,赵尊练,巩振辉,等.线辣椒根系分泌物对辣椒等受体作物的化感效应[J].西北农林科技大学学报,2008,36(10):146-152.
- [6] 孙海燕,王炎.辣椒根系分泌的潜在化感物质对生菜幼苗抗氧化代谢的影响[J].植物生理学报,2012,48(9):887-894.
- [7] 陈改苹,朱建国,程磊.高  $\text{CO}_2$  浓度下根系分泌物的研究进展[J].土壤,2005,37(6):602-606.
- [8] 李祺,黄娟,姜磊,等.人工湿地植物根系分泌物与根际微环境相关性的研究进展[J].安全与环境学报,2012,12(5):41-45.
- [9] 涂书新,吴佳.植物根系分泌物研究方法评述[J].生态环境学报,2010,19(9):2493-2500.
- [10] 王峰,张琪,蔡崇法.生化他感物质的收集与分离[J].科技进步与对策,2000(12):198-199.
- [11] 王茹华,周宝利,张凤丽,等.不同温度和光照度下以及收集时间内茄子根系分泌物量[J].植物生理学通讯,2005,41(2):175-177.
- [12] 吴凤芝,潘凯,周秀艳.苯丙烯酸对黄瓜幼苗生理特性的影响[J].应用生态学报,2005,16(5):915-918.
- [13] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988,14(1):181-187.
- [14] 侯永侠,周宝利,吴晓玲,等.辣椒根系分泌物化感作用的研究[J].沈阳农业大学学报,2007,38(4):504-507.
- [15] 侯永侠,周宝利,吴晓玲.不同连作土壤对辣椒生长发育的影响研究[J].北方园艺,2009(8):9-11.
- [16] 李春格,李晓鸣,王敬国.大豆连作对土体和根际微生物群落功能的影响[J].生态学报,2006,26(4):1144-1150.
- [17] Uribe-Carvajal S, Guerrero-Castillo S, King B, et al. Allelochemicals targeting the phospholipid bilayer and the proteins of biological membranes[J]. Allelopathy Journal, 2008,21(1):1-24.

## Study on Collection Method of Root Exudates on Pepper

ZHANG Ting-yu, LIN Duo, YANG Yan-jie

(Horticultural College, Qingdao Agricultural University, Qingdao, Shandong 266109)

**Abstract:** With three peppers as materials, using hydroponic method, from four aspects which were gas environment, temperature (15, 20, 25, 30℃), light intensity (0, 60, 117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), and collection time (1, 2, 3, 4, 5, 6 h), collection method of collecting pepper root exudates were studied in pepper root. Meanwhile, as cucumber seedlings as receptor, allelopathy test of pepper root exudates that gathered by this method were conducted. The result showed that, at ventilation conditions, when the temperature was 20℃, light intensity was 117  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  and collection time was 3 h, the amount of pepper root exudates were the most. Allelopathy of pepper root exudates on seedlings growth of cucumber manifested that low concentrations promoted and high concentrations inhibited. Therefore, this collection method could be used as a method of collecting root exudates of pepper.

**Key words:** pepper; root exudates; collection methods; allelopathy