

香草醛对番茄幼苗生长和生理特性的影响

王茹华, 曲光峰, 张启发, 李丹丹, 刘芳, 秦振华

(黑龙江八一农垦大学 农学院, 黑龙江 大庆 163319)

摘要:以“秋光 88”番茄品种为试材, 采用浸种和灌根的方法, 研究了不同浓度(0.1、0.5、1.0、4.0 mmol/L)的香草醛对番茄种子萌发、幼苗生长和生理特性的影响。结果表明:1.0 mmol/L 香草醛在一定程度上能促进番茄种子萌发和幼苗生长, 其余几个浓度处理则表现出或促进或抑制的作用; 并且香草醛干扰了番茄幼苗地上和地下的生长平衡, 尤其对根系生长产生了较大影响; 总体来看, 香草醛对番茄幼苗的生理活动产生了负面影响, 尤其是 4.0 mmol/L 浓度处理, 降低了番茄根系活力和叶片中叶绿素含量, 而丙二醛(MDA)和游离脯氨酸(Pro)的含量增加, 细胞膜相对透性增大。

关键词:香草醛; 番茄; 化感作用; 生理特性

中图分类号:S 641.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)05-0012-03

随着农业专业化生产和设施栽培的发展, 蔬菜连作现象普遍发生, 连作障碍日益严重, 已成为可持续农业发展的限制性因素。其中根系分泌物和残茬腐解物等引起的化感(自毒)作用是造成连作障碍的重要因素之一^[1]。前期研究结果发现, 香草醛是茄子根系分泌物中主要化感物质之一, 茄子经多年连作后, 在土壤中势必会积累包括香草醛在内的大量化感物质^[2], 这些化感物质可能会对下茬其它蔬菜作物的生长造成影响。现以香草醛作为茄子根系分泌的代表性化感物质, 以番茄为受体, 研究了不同浓度的香草醛对番茄幼苗生长和生理特性的影响, 以期更好的指导茄果类蔬菜生产实践, 实现蔬菜作物的可持续发展和良性循环。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料为“秋光 88”番茄品种, 香草醛为国产分析纯。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 香草醛设 4 个浓度处理, 依次为 0.1、0.5、1.0、4.0 mmol/L, 以 0 mmol/L(清水)为对照(CK)。

1.2.2 发芽试验 采用滤纸培养皿法。在每个铺有 2 张直径 9.0 cm 定性滤纸的培养皿中, 放入 50 粒番茄干种子, 分别加入 5 mL 配制好的不同浓度香草醛溶液。放入 28℃恒温培养箱中培养, 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 , $I = 2 \times (7X_1 + 6X_2 + 5X_3 + 4X_4 + 3X_5 + 2X_6 + X_7)$, X 是指每隔 24 h 发芽的种子数, $X_1 = 24$ h 记录的发芽数, $X_2 = 48$ h 记录的发芽数, 依此类推。各处理均设 3 次重复。

1.2.3 幼苗生长试验 将经消毒和催芽的番茄种子播于 10 cm×10 cm 的营养钵中, 出苗后进行常规管理。待番茄幼苗长到 4 叶 1 心时, 向其根周围均匀施用配制好的香草醛溶液, 每株幼苗施用 100 mL, 每处理 3 次重复, 每重复 10 株幼苗。

1.3 项目测定

幼苗培养 1 个月后开始取样调查。生长指标的株高和茎粗分别用卷尺和游标卡尺测量; 根、茎、叶鲜重量用百分之一天平测定; 叶面积用称重法测定。生理指标的叶片细胞膜相对透性采用相对电导率法测定; 根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定; 丙二醛(MDA)含量采用硫代巴比妥酸(TBA)法测定; 游离脯氨酸(Pro)含量采用磺基水杨酸法测定; 叶绿素含量采用丙酮法测定。

2 结果与分析

2.1 香草醛对番茄种子萌发的影响

由表 1 可知, 各浓度处理番茄种子的发芽率变化趋势基本相似, 都表现为在发芽试验的前 3 d 变化幅度不大, 缓慢增加, 从第 4 天开始发芽率急剧增加, 之后变化又趋于平缓。其中, 4.0 mmol/L 的香草醛处理对番茄发芽率的影响效果与对照完全相同; 0.1、0.5 mmol/L 的香草醛处理轻微抑制了番茄种子的萌发, 表现为平均发芽率分别低于对照 2.57% 和 8.7%; 1.0 mmol/L 的香草醛处理对番茄发芽略有刺激作用, 表现为平均发芽率提高 3.75%。比较各处理的发芽速度指数后发现, 0.5 mmol/L 香草醛处理的番茄种子发芽速度指数略低

第一作者简介:王茹华(1977-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事园艺植物栽培和生理生态等研究工作。E-mail: wangrhby@163.com.

基金项目:黑龙江省教育厅科研资助项目(12531448)。

收稿日期:2013-11-14

于对照;4.0 mmol/L 处理与对照持平,0.1 mmol/L 和 1.0 mmol/L 2 个处理有益于番茄种子发芽速度的提高,但各处理间均未达到差异显著水平。

表 1 香草醛对番茄种子发芽率和发芽速度指数的影响

Table 1 Effect of vanillin on seed germination rate and germination rate index of tomato

浓度 Concentration /mmol · L ⁻¹	1 d	2 d	3 d	4 d	5 d	6 d	7 d	发芽速度指数 Germination rate index
0(CK)	0.67	16.00	24.00	65.33	72.00	76.67	82.67	337.3 aA
0.1	2.00	7.33	30.67	61.33	69.33	76.67	81.33	342.0 aA
0.5	1.33	7.33	14.67	62.00	69.33	75.33	78.00	308.0 aA
1.0	2.00	9.30	26.67	64.67	76.67	82.67	88.00	350.0 aA
4.0	0.67	16.00	24.00	65.33	72.00	76.67	82.67	337.3 aA

注:不同小写字母代表 0.05 水平下差异显著;不同大写字母代表 0.01 水平下差异显著。

Note: Different lowercase letters mean significant difference at 0.05 level; different capital letters mean significant difference at 0.01. The same below.

2.2 香草醛对番茄幼苗生长的影响

由表 2 可知,与对照相比,除 1.0 mmol/L 香草醛处理从一定程度上促进了番茄幼苗的生长,表现为植株增高、茎干增粗、叶面积增大外,其余几个浓度处理对番茄的各生长指标则表现出或促进或抑制的作用,没有明显的规律性,但各处理与对照之间均未达到差异显著水平。

表 2 香草醛对番茄幼苗生长的影响

Table 2 Effect of vanillin on seedling growth of tomato

浓度 Concentration/mmoll · L ⁻¹	株高 Plant height/cm	茎粗 Stem diameter/mm	叶面积 Leaf area/cm ²
0(CK)	12.67 aA	4.42 aA	93.62 aA
0.1	12.13 aA	4.63 aA	116.95 aA
0.5	11.35 aA	4.27 aA	99.85 aA
1.0	13.62 aA	4.72 aA	108.68 aA
4.0	12.93 aA	4.43 aA	79.30 aA

2.3 香草醛对番茄幼苗鲜重量的影响

由表 3 可知,与对照相比,除了 1.0 mmol/L 香草醛处理增加了 29.63% 的番茄幼苗根鲜重量,其余几个浓度处理均使番茄根鲜重量降低,尤其是 4.0 mmol/L 香草醛处理根鲜重量降低了 56.30%;其中,1.0 mmol/L 浓度处理与 0.5、4.0 mmol/L 2 个处理达到了差异显著水平;各浓度香草醛对番茄茎、叶鲜重量影响不大,各处理均未达到差异显著水平;进一步分析地下鲜重量与地上鲜重量的比值后发现,除了 1.0 mmol/L 浓度处理番

茄幼苗地下/地上比值略高于对照外,其余几个浓度处理均低于对照,并且 0.5、4.0 mmol/L 2 个处理与对照分别达到了差异显著和极显著水平,说明香草醛处理干扰了番茄幼苗地上和地下的生长平衡,并且对番茄幼苗地下根系的影响作用明显大于对地上茎叶的作用。

表 3 香草醛对番茄幼苗鲜重量的影响

Table 3 Effect of vanillin on tomato seedling fresh weight

浓度 Concentration /mmol · L ⁻¹	根鲜重量 Fresh weight of root/g	茎鲜重量 Fresh weight of stem/g	叶鲜重量 Fresh weight of leaf/g	地下/地上 Aboveground /Underground
0(CK)	1.35 abA	1.71 aA	3.20 aA	0.289 aA
0.1	1.02 abA	1.66 aA	3.32 aA	0.205 abAB
0.5	0.74 bA	1.52 aA	2.94 aA	0.166 bAB
1.0	1.75 aA	1.99 aA	3.56 aA	0.306 aA
4.0	0.59 bA	1.72 aA	3.09 aA	0.122 bB

2.4 香草醛对番茄幼苗生理特性的影响

叶绿素是绿色叶片进行光合作用时捕获光能的重要物质,其含量的高低在某种程度上与光合作用有关。由表 4 可以看出,0.1 mmol/L 和 1.0 mmol/L 2 个处理番茄叶片的叶绿素含量略高于对照;其余 2 个处理则低于对照,除 0.5 mmol/L 浓度处理番茄叶片中的叶绿素含量极显著低于 0.1 mmol/L 处理外,其余各处理均未达到差异显著水平。

植物器官衰老时或在逆境条件下,往往发生膜脂过氧化作用,其产物丙二醛(MDA)会严重损伤生物膜。由表 4 可知,不同浓度的香草醛处理均增加了番茄叶片中丙二醛的含量,基本表现为随着处理浓度的增加,丙二醛含量增大,且 1.0、4.0 mmol/L 2 个浓度处理与对照达到了差异显著水平。

植物根系是活跃的吸收器官和合成器官,根的生长情况和活力水平直接影响地上部的生长、营养状况及产量水平,因此根系活力是衡量根系功能的主要指标之一。由表 4 可知,除了 0.5 mmol/L 香草醛处理后番茄根系活力略高于对照外,其余几个浓度处理的番茄根系活力均低于对照,说明经香草醛处理后番茄根系的吸收能力有所减弱,但各处理间均没有达到差异显著水平。

细胞膜透性的变化反映了外部不良环境对植物细胞的伤害程度。由表 4 可以看出,4 种浓度香草醛处理都导致细胞膜相对透性增大,尤其是在 4.0 mmol/L 的浓度处理条件下,细胞膜相对透性最大,较 CK 增幅达到 25.71%,说明此浓度对细胞膜的伤害较大,但各处理间

表 4 香草醛对番茄幼苗生理特性的影响

Table 4 Effect of vanillin on physiological characteristics of tomato seedling

浓度 Concentration /mmol · L ⁻¹	叶绿素含量 Chlorophyll content /mg · g ⁻¹ FW	丙二醛含量 Malondialdehyde content /nmol · L ⁻¹	根系活力 Root viger /mg · g ⁻¹ · h ⁻¹	细胞膜相对透性 Relative membrane permeabilit /%	游离脯氨酸含量 Free proline content /μg · g ⁻¹
0(CK)	1.18 abAB	25.18 bA	62.67 aA	22.48 aA	11.34 aA
0.1	1.38 aA	31.37 abA	58.67 aA	25.10 aA	10.41 aA
0.5	0.98 bB	34.41 abA	65.33 aA	23.28 aA	12.26 aA
1.0	1.21 abAB	35.73 aA	58.00 aA	25.71 aA	10.24 aA
4.0	1.16 abAB	35.90 aA	60.67 aA	28.26 aA	14.63 aA

均没有达到差异显著水平。

在正常情况下,植物体内游离脯氨酸的含量并不多,但在植物受到不同环境胁迫时植物体中游离脯氨酸的含量就会发生很大的变化。由表4可知,0.1 mmol/L和1.0 mmol/L 2个处理番茄体内游离脯氨酸的含量有所下降,降幅分别为8.20%和9.70%;而0.5 mmol/L和4.0 mmol/L 2个处理番茄体内游离脯氨酸的含量有所提高,增幅分别为8.11%和29.01%,但各处理均没有达到差异显著水平。

3 结论与讨论

化感作用是指植物或微生物通过向环境中释放化学物质,对其它植物或微生物产生不利或有利的作。用于传递信息或作为媒介的化学物质被称为化感物质。酚类物质是一类被广泛报道的化感物质,香草醛就是其中之一。何江华等^[3]研究发现,种植地黄后土壤中包括香草醛在内的酚类化感物质出现积累。覃逸明等^[4]在凤丹根际土壤中检测到了包括香草醛在内的5种以上酚类化感物质;马越强等^[5]认为,香草醛是连栽土壤中毒性较大的一种有毒化感物质,是杉木存活率低的重要原因之一;何光训^[6]进一步研究了香草醛的产生机理。并且相关报道显示^[7],香草醛是苯甲酸最容易分解产生的衍生物,极易氧化成香草酸,而香草酸能影响植物体内细胞分裂、蛋白质合成、酶活性等一系列生理过程,不利于植物幼苗生长。

该研究结果表明,1.0 mmol/L香草醛处理在一定程度上能促进番茄种子的萌发和幼苗生长,其余几个浓度处理则表现出或促进或抑制的作用,没有明显的规律性。并且香草醛处理干扰了番茄幼苗地上和地下的生长平衡,尤其对根系的生长产生了较大影响。进一步研究发现,虽然0.1 mmol/L和1.0 mmol/L 2个浓度处理一定程度上提高了番茄叶片的叶绿素含量,降低了游离脯氨酸的含量,但总的来看,香草醛处理对番茄的生理活动产生了负面的影响,尤其是4.0 mmol/L的浓度处理,表现

为番茄根系活力下降,叶片中的叶绿素含量降低,丙二醛和游离脯氨酸的含量增加,细胞膜相对透性增大。

浓度效应是化感物质对受体的显著作用特征之一^[8]。王茹华等^[9]研究发现,香草醛对茄子萌发的化感效应表现为低浓度促进,高浓度抑制(自毒)的作用特点;耿广东等^[10]研究也发现,低浓度的香草醛对莴苣生理生化代谢及生长一般表现出促进作用,而高浓度时则表现为抑制作用。该研究结果显示,香草醛对番茄植株的他感作用也存在浓度效应,但并不是简单的“低促高抑”,而是在一定浓度时表现出微弱的促进作用。更主要的是,在多数情况下香草醛会对番茄幼苗的根系生长和生理代谢活动产生较大的负面影响,因此在种植茄子后研究减少土壤中包括香草醛在内的化感物质的积累的方法,是值得进行深入研究的一个领域。

参考文献

- [1] 张凤丽,周宝利,王茹华,等. 嫁接茄子根系分泌物的化感效应[J]. 应用生态学报,2005,6(4):750-753.
- [2] 陈绍莉,周宝利,尹玉玲,等. 茄子自毒物质胁迫下嫁接对其生长及土壤生化特性的影响[J]. 园艺学报,2010,37(6):906-914.
- [3] 何江华,付香斌,马东明,等. 地黄块根膨大过程中土壤化感物质含量及微生物数量变化研究[J]. 河南科学,2008,26(11):1369-1372.
- [4] 覃逸明,聂刘旺,黄雨清,等. 凤丹(*Paeonia ostii* T.)自毒物质的检测及其作用机制[J]. 生态学报,2009,29(3):1153-1161.
- [5] 马越强,廖利平,杨跃军,等. 香草醛对杉木幼苗生长的影响[J]. 应用生态学报,1998,9(2):128-132.
- [6] 何光训. 杉木化感物质香草醛的产生机理探讨[J]. 浙江林学院学报,2005,22(4):454-457.
- [7] 张柏习,张学利,刘淑玲,等. 香草醛对樟子松种子萌发与幼苗生长的影响[J]. 辽宁林业科技,2007(6):32-33,52.
- [8] 范淑英,肖旭峰,熊春晖,等. 不同浓度茼蒿器官水浸提液对西瓜种子发芽特性的影响[J]. 中国蔬菜,2011(4):70-72.
- [9] 王茹华,周宝利,张启发,等. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应[J]. 生态学报,2006,26(9):3152-3155.
- [10] 耿广东,张素勤,程智慧. 香草醛对莴苣的化感作用及其作用机制[J]. 西北农业学报,2009,18(3):209-212,217.

Effect of Vanillin on Seedling Growth and Physiological Characteristics of Tomato

WANG Ru-hua, QU Guang-feng, ZHANG Qi-fa, LI Dan-dan, LIU Fang, QIN Zhen-hua
(College of Agriculture, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing, Heilongjiang 163319)

Abstract: Taking 'Qiuguang 88' variety of tomato as material, the effect of different concentration of vanillin on seed germination, seedling growth and physiological characteristics of tomato were studied by soaking seed and root-irrigation. The results showed that, to some extent, 1.0 mmol/L vanillin promoted the tomato seed germination and seedling growth, other concentrations did not have significant effect. And vanillin disturbed overground and underground balance of tomato seedling, especially the root growth was greatly affected. Overall, vanillin had negative impact on physiological activities of tomato, especially 4.0 mmol/L. Concretely, the root activity and chlorophyll content were decreased, the plasma membrane permeability, MDA and free proline content were increased.

Key words: vanillin; tomato; allelopathy; physiological characteristics