

国淑梅,张 凯,张 鹤,等. 番茄植株对外源植物诱抗剂的生理响应[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):102-104.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.028

# 番茄植株对外源植物诱抗剂的生理响应

国淑梅<sup>1</sup>, 张 凯<sup>2</sup>, 张 鹤<sup>2</sup>, 李 静<sup>1</sup>, 牛贞福<sup>1</sup>  
(1. 山东农业工程学院, 山东济南 250100; 2. 山东英才学院, 山东济南 250104)

**摘要:**采用果胶(Pec)、2,1,3-苯并噻二唑(BTH)、茉莉酸甲酯(MJ)、壳聚糖(CTS)、氨基寡糖素(AO)、水杨酸(SA)、亚精胺(Spd)这7种诱抗剂喷施开花结果期的番茄植株,以喷施清水为对照(CK),研究番茄植株对外源诱抗剂的生理响应。结果表明,喷施Spd的番茄植株 $T_r$ 最大,为11.70 mmol/(m<sup>2</sup>·s),与喷施BTH、MJ、CTS、AO及H<sub>2</sub>O(CK)相比差异显著;喷施SA的番茄植株 $C_i$ 最大,为338.0 μmol/mol,喷施BTH的番茄植株 $C_i$ 最小,为258.7 μmol/mol,两者之间差异显著;与CK相比,施用诱抗剂可提高番茄植株体内POD、CAT酶的活性,除施用SA、CTS外的其他诱抗剂可减少番茄植株体内SOD酶的含量,除施用Pec、SA外的其他诱抗剂可降低番茄植株体内的MDA含量;喷施AO、MJ、BTH的番茄植株坐果率比CK分别增加15.7、14.7、11.9个百分点,施用AO、Pec、SA的番茄单株产量比CK分别增加16.76%、15.38%、13.55%,喷施CTS、AO、Spd的番茄植株病叶率分别比CK减少3.78、3.59、0.99个百分点。

**关键词:**番茄;外源诱抗剂;生理响应;诱导抗病性

**中图分类号:** S641.201      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1002-1302(2017)03-0102-02

植物诱导抗病性,别称系统获得抗性(SAR),是通过诱导植物体产生一些保护物质,使植物由原来的易感状态转变为局部或整体抗某种或某类病原物侵染的现象。诱抗剂引发的SAR具有系统性、持久性、广谱性、安全性的特点,符合绿色、生态农业的发展方向,成为21世纪新型的生态农药<sup>[1]</sup>。目前,诱导抗性虽然取得一定成果,但大多以幼苗为研究对象进行诱导抗病<sup>[2]</sup>,而对产品形成的关键时期如开花期、结果期等研究未见报道。本试验在番茄开花结果期施用果胶、水

杨酸等7种常见的植物诱抗剂,研究不同诱抗剂对植株光合特性、体内酶活性、产量性状、抗病性状的影响,以期筛选出适用于番茄生产的植物诱抗剂。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

安达3号番茄种子,由山东省寿光市金圣种苗有限公司提供;试验采用的诱抗剂相关信息见表1。

表1 植物诱抗剂的相关信息

名称	英文简写	药品等级	生产厂家
果胶	Pec	分析纯(AR)	上海晶生化科技股份有限公司
2,1,3-苯并噻二唑	BTH	分析纯(AR)	上海源叶生物科技有限公司
茉莉酸甲酯	MJ	标准品	美国Sigma公司
壳聚糖	CTS	分析纯(AR)	浙江澳兴生物科技有限公司
氨基寡糖素	AO	2.0%水剂	大连凯飞化学股份有限公司
水杨酸	SA	标准品	上海国药集团化学试剂有限公司
亚精胺	Spd	标准品	美国Sigma公司

### 1.2 试验处理

试验于2015年1—6月在山东农业工程学院生态基地日光温室内进行。2015年1月26日定植番茄幼苗,采用大、小行栽培方式,大行80 cm、小行60 cm,株行距为40 cm×60 cm。番茄花后坐第1穗果时开始叶面喷施诱抗剂,喷施浓度为250 mg/L,以喷施清水(H<sub>2</sub>O)为对照(CK),每隔7 d喷

施1次,共喷施3次。6株为1区组,重复3次。

### 1.3 测定内容与方法

1.3.1 光合特性 在番茄植株相似位置各选取4~6张成熟全展叶,选用红蓝光源6400-02B作为叶室人工光源,采用美国产LI-COR 6400便携式光合测定仪测定叶片的净光合速率( $P_n$ )、叶片气孔导度( $G_s$ )、胞间CO<sub>2</sub>浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )及叶温下蒸汽压亏缺值( $V_{pdl}$ )<sup>[3]</sup>。测定期间,保持叶室内温度恒定,尽量与外界温度一致,并在番茄适宜的生长范围内。采用浙江托普仪器有限公司生产的TYS-3N植物营养测定仪测定番茄植株的叶绿素含量。

1.3.2 酶活性 参照文献[4-5]的方法,分别测定过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)、超氧化物歧化酶(SOD)活性及丙二醛(MDA)含量,所用试剂盒均购自南京建成生物工程研究所。

收稿日期:2016-01-28  
基金项目:山东省高等学校科技计划(编号:J12LF51);山东省济南市科技发展计划(编号:201401271)。  
作者简介:国淑梅(1975—),女,山东聊城人,硕士,讲师,从事植物病理教学及科研工作。E-mail:ngygs@163.com。  
通信作者:牛贞福,硕士,副教授,从事园艺教学及科研工作。E-mail:zhenfuniu@163.com。

1.2.4 产量和抗病性 番茄单株产量根据试验期内花序数、坐果率、单果质量、单株果数等因素估测<sup>[6]</sup>;以病叶率对抗病性进行评价,计算公式为:病叶率=病叶数/总叶数×100%。

1.4 数据处理

采用 DPS 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 番茄植株光合特性对诱抗剂的响应

由表 2 可见,番茄植株光合特性对不同诱抗剂的响应不同,除  $P_n$  外都有明显差异;喷施 Spd 的番茄植株  $T_r$  相对最大,为 11.70 mmol/(m<sup>2</sup>·s),与喷施 BTH、MJ、CTS、AO 及 H<sub>2</sub>O(CK)相比差异显著,喷施 BTH 的番茄植株  $T_r$  显著低于 CK;喷施 SA 的番茄植株  $C_i$  相对最大,为 338.0 μmol/mol,喷

施 BTH 的番茄植株  $C_i$  相对最小,为 258.7 μmol/mol,两者之间差异显著;喷施 Spd、AO、BTH 的番茄植株叶绿素含量相对较大,SPAD 值均超过 50,与喷施 Pec、CTS 的番茄植株叶绿素含量有显著性差异;喷施 Spd 的番茄植株  $V_{pdl}$  相对最大,为 1.513 kPa,与喷施 CTS、BTH、MJ 及 H<sub>2</sub>O(CK)的植株差异显著;番茄植株  $G_s$  对诱抗剂的响应相对较小,除喷施 SA、BTH 的番茄植株  $G_s$  有显著性差异外,其余处理间差异不显著。

2.2 番茄植株酶活性及 MDA 含量对诱抗剂的响应

由表 3 可见,番茄植株体内 POD、CAT、SOD 酶活性和 MDA 含量对诱抗剂均有不同程度的响应:与 CK 相比,施用诱抗剂可提高番茄植株体内 POD、CAT 酶的活性;除 SA、CTS 外,其他诱抗剂均可使番茄植株体内 SOD 酶的活性减小;除 Pec、SA 外,其他诱抗剂均可降低番茄植株体内的 MDA 含量。

表 2 番茄植株光合特性对诱抗剂的响应

诱抗剂	$P_n$ [μmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	$G_s$ [mol/(m <sup>2</sup> ·s)]	$C_i$ (μmol/mol)	$T_r$ [mmol/(m <sup>2</sup> ·s)]	$V_{pdl}$ (kPa)	叶绿素含量 (SPAD 值)
Pec	21.23±3.59a	0.797±0.205ab	300.0±16.7b	9.66±2.81abc	1.513±0.356ab	44.75±1.78b
BTH	22.00±3.97a	0.439±0.117b	258.7±25.6c	4.18±1.05e	1.075±0.128b	51.17±0.49a
MJ	22.10±2.00a	0.863±0.194ab	313.7±7.6ab	7.42±1.22bcd	1.117±0.127b	47.62±1.11ab
CTS	25.80±4.16a	0.714±0.087ab	310.0±21.4ab	6.17±1.17de	1.039±0.111b	45.85±1.39b
AO	20.57±5.58a	0.626±0.398ab	310.7±32.6ab	6.97±2.65cde	1.497±0.380ab	51.73±0.94a
SA	23.33±2.21a	1.211±0.595a	338.0±11.3a	10.34±0.60ab	1.278±0.314ab	49.22±2.20ab
Spd	23.23±0.95a	0.949±0.302ab	325.7±13.6ab	11.70±0.75a	1.630±0.291a	52.08±4.15a
H <sub>2</sub> O(CK)	21.00±3.42a	0.882±0.334ab	315.0±6.6ab	7.62±1.16bcd	1.142±0.165b	48.07±4.61ab

注:同列数据后标注不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)。

表 3 番茄植株酶活性及 MDA 含量对诱抗剂的响应

诱抗剂	POD [U/(mg·min)]	CAT [U/(mg·min)]	SOD [U/(g·min)]	MDA (nmol/mg)
Pec	30.000±0.566	59.028±4.269	748.170±23.426	6.938±3.872
BTH	29.239±0.935	40.573±14.502	738.915±18.246	2.041±0.328
MJ	29.424±0.438	39.088±15.315	728.949±10.093	2.259±0.259
CTS	29.506±1.143	43.873±16.388	753.864±18.982	3.062±1.384
AO	29.033±1.035	43.530±12.926	725.390±49.734	2.590±0.554
SA	29.012±1.293	43.137±5.995	760.271±24.256	6.761±6.895
Spd	28.992±0.471	36.769±12.898	686.949±98.245	2.345±0.239
H <sub>2</sub> O(CK)	28.251±1.247	33.183±12.144	752.441±14.219	3.703±2.345

2.3 番茄产量和抗病性对诱抗剂的响应

由表 4 可见,番茄果实性状和抗病性对诱抗剂有不同程度的响应,除 CTS 外大多数诱抗剂能提高番茄植株的坐果率,其中喷施 AO、MJ、BTH 的坐果率相对较高,分别比 CK 增加 15.7、14.7、11.9 百分点;施用诱抗剂能增加番茄单株果数,但单果质量除 SA 外均有明显的下降;诱抗剂对番茄的单株产量影响较大,比 CK 相比,施用 AO、Pec、SA 的单株产量分别增加 16.76%、15.38%、13.55%;喷施 CTS、AO、Spd 的番茄植株,其病叶率分别比 CK 减少 3.78、3.59、0.99 百分点。

3 结论与讨论

番茄植株光合特性对不同诱抗剂的响应不同,净光合速率( $P_n$ )对不同诱抗剂的响应无明显差异,而胞间 CO<sub>2</sub> 浓度( $C_i$ )、蒸腾速率( $T_r$ )、叶温下蒸汽压亏缺值( $V_{pdl}$ )及叶绿素含量对不同诱抗剂的响应较大;与喷施 2,1,3-苯并噻二唑(BTH)的番茄植株  $C_i$  相比,喷施水杨酸(SA)的番茄植株  $C_i$

表 4 番茄产量和抗病性对诱抗剂的响应

诱抗剂	坐果率 (%)	单株果数 (个)	单果质量 (g)	单株产量 (g)	病叶率 (%)
Pec	81.00	24.00	98.95	2 374.80	7.84
BTH	91.20	26.80	73.31	1 964.71	8.33
MJ	94.00	23.00	90.24	2 075.52	8.33
CTS	72.40	21.67	78.90	1 709.76	1.71
AO	95.00	24.00	100.13	2 403.12	1.90
SA	83.87	22.83	102.37	2 337.11	5.83
Spd	84.71	22.67	47.66	1 080.45	4.50
H <sub>2</sub> O(CK)	79.30	20.33	101.24	2 058.21	5.49

有显著增加;喷施亚精胺(Spd)的番茄植株,其  $T_r$  值与喷施 BTH、茉莉酸甲酯(MJ)、壳聚糖(CTS)、氨基寡糖素(AO)及 H<sub>2</sub>O(CK)的植株差异显著,而喷施 BTH 的番茄植株  $T_r$  显著低于 CK;喷施 Spd 的番茄植株  $V_{pdl}$  相对最大,与喷施 CTS、BTH、MJ 及 H<sub>2</sub>O(CK)的植株差异显著;喷施 Spd、AO、BTH 的番茄植株叶绿素含量与喷施果胶(Pec)、CTS 的番茄植株叶绿

王满堂,靳冰洁,郑媛,等. 氮、磷施肥对马尾松幼苗生长和叶片化学计量特征的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(3):104-109.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.03.029

# 氮、磷施肥对马尾松幼苗生长和叶片化学计量特征的影响

王满堂<sup>1</sup>,靳冰洁<sup>2</sup>,郑媛<sup>2</sup>,李曼<sup>2</sup>,程栋梁<sup>2</sup>

(1. 枣庄学院,山东枣庄 277160; 2. 福建师范大学地理科学学院,福建福州 350007)

**摘要:**为了探究马尾松对氮、磷养分的响应机制,以一年生马尾松(*Pinus massoniana*)幼苗为研究对象,通过盆栽施肥试验,研究氮、磷施肥对马尾松幼苗生长的影响,以期马尾松苗木培育、养分管理和幼林施肥提供理论依据。结果表明:不同施肥处理,马尾松苗木叶片氮含量范围在 $(10.13 \pm 0.97) \sim (19.88 \pm 1.70)$  mg/g,磷含量范围在 $(0.30 \pm 0.10) \sim (1.18 \pm 0.13)$  mg/g,氮磷比范围在 $(10.53 \pm 1.79) \sim (50.07 \pm 17.52)$ 之间。施氮处理下,马尾松苗木的地径生长速率与株高生长速率呈极显著正相关( $P < 0.01$ );叶片氮含量与苗木株高生长速率呈极显著正相关关系( $P < 0.01$ )。施磷处理下,马尾松苗木的地径生长速率与株高生长速率呈极显著正相关( $P < 0.01$ ),磷含量与苗木株高生长速率呈极显著正相关关系( $P < 0.01$ )。

**关键词:**马尾松幼苗;氮肥;磷肥;生长速率;叶片化学计量

**中图分类号:**S791.248.01 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2017)03-0104-06

生态化学计量学是研究生态系统能量平衡和多重化学元素平衡的科学<sup>[1]</sup>,主要研究生命有机体主要组成元素间的关

收稿日期:2015-12-22

基金项目:国家自然科学基金(编号:31170374、31370589、31170596);福建省教育厅新世纪优秀人才支持计划(编号:JA12055);福建省杰出青年基金(编号:2013J06009);山东省自然科学基金(编号:ZR2013CL027)。

作者简介:王满堂(1980—),男,山东省枣庄人,博士,副教授,主要从事植物生态学、理论生态学研究。Tel: (0632) 3786019; E-mail: wangmantang@aliyun.com。

通信作者:程栋梁,博士,教授,主要从事植物生理生态学研究。E-mail:chengdl02@aliyun.com。

素含量相比差异显著。

POD 是酚类、植保素合成的重要酶<sup>[7]</sup>,CAT 与植物的代谢强度及抗寒、抗病能力均有关。试验表明,与 CK 相比,施用诱抗剂可提高番茄植株体内 POD、CAT 酶的活性。除施用 SA、CTS 外,其他诱抗剂均可降低番茄植株体内 SOD 酶的含量,这可能与诱抗剂本身有一定的抗氧化作用有关,可直接或间接促进植物对胁迫的耐受;除施用 Pec、SA 外,其他诱抗剂可降低番茄植株体内的 MDA 含量,这可能与施用浓度不当有关,具体还须进一步研究。

番茄产量性状对诱抗剂的响应较为突出,喷施 AO、MJ、BTH 的番茄植株坐果率比 CK 分别增加 15.7、14.7、11.9 百分点,施用 AO、Pec、SA 的番茄单株产量比 CK 分别增加 16.76%、15.38%、13.55%,但单果质量除 SA 外有明显的下降,这就要求生产中在应用诱抗剂时应加强肥水管理,以达到稳定增产目的;番茄抗病性对诱抗剂的响应也有不同,喷施 CTS、AO、Spd 的番茄植株,其病叶率分别比 CK 减少 3.78、3.59、0.99 百分点。总体而言,诱抗剂 AO 可应用于番茄生

系,特别是碳、氮和磷等重要元素间的计量关系<sup>[1]</sup>。目前,生态化学计量学的研究主要集中在种群、群落结构动态、生物养分限制、营养级动态、生物地球化学循环、生态系统养分循环与供需平衡等领域,并取得了大量研究成果<sup>[1-7]</sup>。

氮、磷是陆地生态系统中重要的营养元素,也是限制性生态因子,能够影响植物个体的生长状态、群落的动态变化乃至整个生态系统的生产力<sup>[8-10]</sup>。关于氮、磷关系的假说主要有 2 个,一个是内稳态假说,另一个是生长速率假说(growth rate hypothesis,简称 GRH)。生长速率假说认为生物体在快速生长阶段需要投入更多富磷 rRNA 来支持蛋白质的合成。rRNA 是植物的主要磷库,rRNA 含量的增加将导致细胞中磷浓度的增加,从而使植物表现出较低的氮磷比。

产,施用后可提高植株的系统抗性和产量。

## 参考文献:

- [1] 梁俊峰,谢丙炎,冯兰香. 番茄诱导抗病性研究进展[C]. 第二届全国绿色环保农药新技术、新产品交流会,2003.
- [2] 李天来,张亢亢,余朝阁,等. 外源钙和茉莉酸甲酯诱导番茄植株抗灰霉病研究[J]. 西北植物学报,2012,32(3):505-510.
- [3] 李静. 几种植物叶片气孔导度与植物激素对大气湿度的响应[D]. 济南:山东大学,2014.
- [4] 刘佳. 外源物质对番茄幼苗灰霉病抗性诱导效应的研究[D]. 长春:吉林农业大学,2012.
- [5] 朱路路. 几种化学诱导剂对番茄白粉病抗性的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2014.
- [6] 王浩,买合木提·肉孜,艾斯卡尔·吾守尔,等. 日光温室进口番茄品种生长发育和产量性状分析[J]. 北方园艺,2009(10):155-157.
- [7] 安晓霞,曾粮斌,余永廷. 3 种诱抗剂处理对苎麻叶片 PPO 和 POD 活力的影响[J]. 中国麻业科学,2014,36(1):46-50,54.