

根结线虫侵染对茄子苗期生理生化反应的影响

王冰林¹, 韩太利¹, 李媛媛²

(1. 潍坊市农业科学院, 山东 潍坊 261071; 2. 潍坊学院 生物与农业工程学院, 山东 潍坊 261061)

摘要:以“紫阳长茄”为试材,研究了根结线虫侵染对茄子苗期生长和叶片保护酶活性及膜脂过氧化的影响。结果表明:随着根结线虫侵染加剧,茄子幼苗生长受到严重抑制,根系和茎叶鲜重、干重及根系活力显著下降,株高、茎粗也有所降低,同时,茄子叶片保护酶活性和膜脂过氧化程度也发生了显著变化。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)和过氧化氢酶(CAT)活性总体上均呈先升后降的趋势,但变化细节存在差异。SOD、CAT 活性均在接种后 10 d 迅速上升,前者在接种后 15 d 达到峰值,之后下降,而后者则在接种后 20 d 达到峰值,随后下降;POD 活性在接种后 15 d 急剧上升,在接种后 20 d 达到峰值,而后下降。根结线虫侵染还导致茄子叶片丙二醛(MDA)含量持续增加,在接种后 15 d 急剧上升,使细胞膜遭受伤害,促使植株早衰。

关键词:茄子;根结线虫;幼苗生长;SOD;POD;CAT;丙二醛(MDA)

中图分类号:S 641.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)23-0139-04

根结线虫是危害农作物的重要病原生物之一,其危害超过细菌和病毒,仅次于真菌病害,每年造成世界农业生产损失约 1 500 亿美元^[1],主要寄生在蔬菜、粮食作物、果树、杂草等 3 000 多种寄主上,其中茄科、葫芦科、十字花科等植物根结线虫病较为普遍^[2]。近年来,随着设施农业的快速发展,根结线虫病的发生呈不断上升趋势。茄子是我国设施栽培的主要蔬菜之一,长期连作导致根结线虫病日趋严重,经常造成植株生长不良或全株枯死,一般减产 10%~20%,重达 60%以上,甚至绝收^[3]。目前,对茄子根结线虫方面的研究较少,仅限于药剂防治^[4]、砧木筛选^[5]及其对根结线虫抗性鉴定^[6]、线虫侵染对砧木根系活性氧代谢及相关酶活性影响^[7]等,而关于根结线虫侵染对茄子自根苗生长及叶片生理生化反应的影响还鲜见报道。该研究通过在茄子苗期接种根结线虫,跟踪测定功能叶片保护酶活性和丙二醛含量的动态变化,并分析根结线虫侵染对茄子苗期生长指标和根系活力的影响,以期探讨茄子自根苗对根结线虫侵染的生理生化反应机制,为筛选、培育抗线虫茄子品种(系)以及在苗期快速鉴定其抗性提供理论依据和技术支撑。

第一作者简介:王冰林(1972-),男,博士,副研究员,现主要从事蔬菜遗传育种和栽培生理研究工作。E-mail: binglinwang@126.com.

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2008BADA6B05);山东省星火计划资助项目(2009XH060);山东省科学技术发展计划政策引导类资助项目(2011YD10001)。

收稿日期:2012-08-20

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试茄子品种为潍坊市农业科学院育成的“紫阳长茄”。试验于 2011 年 2~6 月在潍坊市农业科学院试验基地日光温室内进行。从市场购买蔬菜育苗专用基质,采用 72 孔穴盘育苗,幼苗长至三叶一心时,移植于高 25 cm、直径 20 cm 的塑料盆中,每盆 1 株,盆内栽培基质经 160℃高温灭菌 30 min。根结线虫采自潍坊市农业科学院试验基地茄子种植温室,经鉴定后,接种在用无菌土盆栽的易感线虫番茄品种根际,扩繁备用。当幼苗长至 5~6 片真叶时,选取长势一致的植株进行处理,用打孔器在幼苗根围打孔(5 孔/盆),接种处理需在孔内注入根结线虫二龄幼虫(5 000 条/盆),对照(CK)注入清水,随后用土掩埋,幼苗置于日光温室内培养,白天气温 25~28℃,夜间 18~20℃,水肥管理按常规进行。

1.2 试验方法

以接种与 CK 茄子幼苗第 4 片完全展开叶为试材,分别在接种后 0、5、10、15、20、25 d,连续测定相关生理生化指标。每次选取 5 株,用打孔器取样并混合,每个指标测定 3 次。SOD 活性测定采用 NBT 光化还原法^[8];POD 活性测定采用愈创木酚氧化法^[9];CAT 活性参照汪宗立^[10]介的方法测定;MDA 含量测定采用硫代巴比妥酸显色法^[11]。

根结线虫接种后 30 d,处理和 CK 各选取 5 株,采用常规方法测量茄子株高(茎基部至生长点处)、茎粗(测量时茎秆最大粗度)、茎叶鲜重(FW)及干重(DW)、根系鲜重及干重、根系活力。根系活力测定采用 TTC 法^[8]。

2 结果与分析

2.1 根结线虫侵染对茄子苗期生长和根系活力的影响

由表 1 可知,茄子幼苗遭受根结线虫侵染后,株高、茎粗、鲜重、干重等生长指标均有不同程度的降低,其中株高、茎粗比 CK 分别下降 9.30%、5.68%,差异不显著;但茎叶鲜重、干重比 CK 下降 15%以上,差异显著;根系

鲜重、干重比 CK 下降 30%以上,差异极显著。由此说明,根结线虫侵染对茄子幼苗生长产生了明显的抑制作用,在直接抑制根系正常生长后,进而影响地上部生长发育。由于根系生长受到严重影响,致使根系活力大大降低,接种后 30 d,根系活力比 CK 下降了 26.67%,达到极显著差异水平。

表 1 根结线虫侵染对茄子幼苗生长指标和根系活力的影响

Table 1 Effects of *Meloidogyne incognita* infection on seedling growth and root activity in eggplant leaves

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	茎粗 Stem diameter /cm	茎叶鲜重 Fresh weight of stem and leaf/g	茎叶干重 Dry weight of stem and leaf/g	根系鲜重 Fresh weight of root/g	根系干重 Dry weight of root/g	根系活力 Root activity /mg · g ⁻¹ · h ⁻¹
CK	38.94aA	0.88aA	74.79aA	11.75aA	20.43aA	2.85aA	0.15aA
接种	35.32aA	0.83aA	61.17bA	9.96bA	13.69bB	1.96bB	0.11bB
比 CK±%	-9.30	-5.68	-18.21	-15.23	-32.99	-31.22	-26.67

注:表中同列大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平的差异显著性。

Note: Different capital letters and small ones in the same column denote significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively.

2.2 根结线虫侵染对茄子叶片保护酶活性的影响

2.2.1 对 SOD 活性的影响 SOD 是植物体清除细胞内超氧阴离子自由基的重要保护酶。由图 1 可知,根结线虫侵染后,茄子叶片 SOD 活性呈现先升后降的变化趋势,在接种 10 d 内,SOD 活性缓慢上升,之后迅速上升,并在接种后 15 d 达到峰值,此时 SOD 活性比相应未接种幼苗提高 80.2%,差异极显著,而后 SOD 活性下降,在接种后 25 d,酶活性低于 CK;在接种期间,CK 植株 SOD 活性一直以较小幅度上升。结果表明,随着根结线虫在根系内生长发育,导致植株地上部功能叶片活性氧积累,诱发 SOD 活性升高,当活性氧积累量超出植株清除能力时,SOD 活性不断下降。

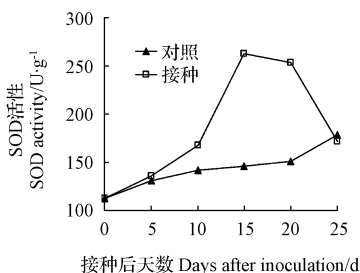


图 1 根结线虫侵染对茄子叶片 SOD 活性的影响

Fig. 1 Effect of *Meloidogyne incognita* infection on SOD activity in eggplant leaves

2.2.2 对 POD 活性的影响 POD 是植物体清除细胞内 H₂O₂ 的保护酶之一,较高活性的 POD 可及时清除细胞产生的 H₂O₂,其活性高低也间接反映了细胞内活性氧积累水平。随着根结线虫侵染时间延长,茄子叶片 POD 活性持续升高,在接种后 20 d 达到峰值,之后下降,在整个接种期间,接种植株叶片 POD 活性一直高于 CK,并在接种 15 d 后与 CK 达到极显著差异水平(图 2)。

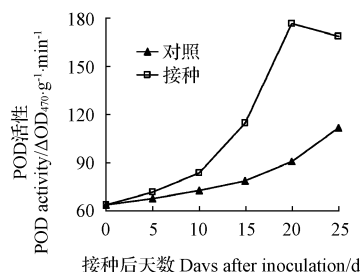


图 2 根结线虫侵染对茄子叶片 POD 活性的影响

Fig. 2 Effect of *Meloidogyne incognita* infection on POD activity in eggplant leaves

2.2.3 对 CAT 活性的影响 植物叶片中的 CAT 主要是清除光呼吸产生的 H₂O₂。由图 3 可知,根结线虫侵染后,茄子叶片 CAT 活性也呈先升后降的变化趋势,在接种 10 d 后,酶活性迅速上升,在接种后 20 d 达到峰值,之后下降。

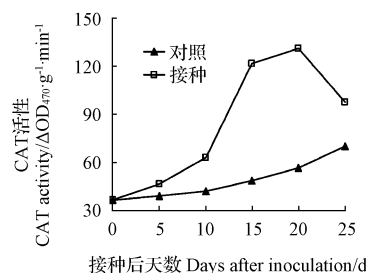


图 3 根结线虫侵染对茄子叶片 CAT 活性的影响

Fig. 3 Effect of *Meloidogyne incognita* infection on CAT activity in eggplant leaves

2.3 根结线虫侵染对茄子叶片膜脂过氧化的影响

植物体在逆境条件下往往发生膜脂过氧化反应,其终产物 MDA 含量高低可反映细胞膜脂过氧化水平和细胞受损程度。由图 4 可知,在接种期内,接种与 CK 植株

叶片 MDA 含量均呈逐渐上升趋势,CK 植株变化平缓,而接种植株在接种 15 d 后急剧上升,在接种 25 d 时,接种株 MDA 含量比 CK 增加 157.9%,说明根结线虫侵染对茄子叶片细胞膜造成了严重伤害。

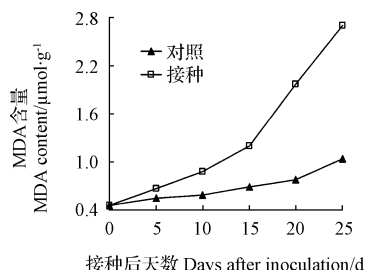


图4 根结线虫侵染对茄子叶片 MDA 含量的影响

Fig. 4 Effect of *Meloidogyne incognita* infection on MDA content in eggplant leaves

3 结论与讨论

根结线虫侵染能够刺激植株根系形成根结,直接破坏根细胞正常结构,使根系活力下降,影响根系矿质营养和水分正常运输,从而抑制植株地上部生长,这可以从该试验结果得到进一步证实。茄子幼苗遭受根结线虫侵染后,根系活力显著降低,根系鲜重、干重比 CK 下降 30% 以上,茎叶鲜重、干重下降 15% 以上,株高、茎粗也有所降低。

从表观上看,根结线虫侵染对茄子幼苗生长产生严重抑制,同时,线虫侵染还可引起植株内部发生一系列生理生化变化。当植物遭受逆境胁迫(生物胁迫或非生物胁迫)时,往往伴随着细胞膜系统的逐步破坏,而活性氧伤害是其主要原因,因为植物体内活性氧大量产生可引发膜脂过氧化^[12]。在长期进化过程中,植物体为避免活性氧伤害而形成了相应的抗氧化保护酶系统,主要包括 SOD、CAT 和 POD,只有三者协调一致,才能使活性氧维持在较低水平以防止细胞受损^[13]。该试验结果表明,根结线虫侵染后,茄子叶片 SOD、POD、CAT 活性总体上均呈现先升后降的趋势,但变化细节存在差异。SOD、CAT 活性均在接种后 10 d 迅速上升,前者在接种后 15 d 达到峰值,之后下降,而后者则在接种后 20 d 达到峰值,随后下降;POD 活性在接种后 15 d 急剧上升,在接种后 20 d 达到峰值,而后下降,这种差异可能是植物体遭受胁迫后对细胞内活性氧清除系统进行的自我调节,使保护酶系统的不同成员之间相互协调、相互配合,使活性氧产生与清除尽量维持动态平衡,但当植株体内活性氧的生成超过防御系统的清除能力时,部分来不及清除的活性氧产生积累,引起膜脂过氧化加剧。MDA 是细胞膜脂过氧化的终产物,研究者常以 MDA 作为判断细胞膜脂过氧化作用的主要指标^[14]。在该试验中,根结线虫侵染导致茄子叶片 MDA 含量持续增加,在

接种后 15 d 急剧上升,使细胞膜遭受严重伤害,促使植株早衰。

前人研究表明,在南方根结线虫侵染前期,茄子砧木托鲁巴姆幼苗根系 SOD、CAT 活性显著下降^[7],与该试验结果相反,这可能是根系与叶片对根结线虫侵染存在不同的反应机制。根结线虫侵染后,根系保护酶活性下降有利于提高其活性氧水平,而活性氧积累可对根结线虫直接产生毒害,并引起植株局部过敏反应和诱导植株系统获得性抗性^[15]。根结线虫在根系内生长发育,在叶片中不能生存,所以,植株遭受根结线虫侵染后,叶片保护酶活性提高则有利于提高植株地上部活性氧清除能力而增强抗性。最近研究结果表明,番茄感染南方根结线虫病后,叶片 SOD 和 POD 同工酶的种类和活性随着线虫在根内发育而呈现逐渐增加的趋势^[16],与该试验结果一致。关于不同抗性茄子品种根系和叶片对根结线虫的抗性机制及其相关性有待于进一步深入研究。

参考文献

- [1] 郝桂玉. 日光温室根结线虫的生物学特性及防治措施[J]. 中国集体经济, 2008(4): 176-177.
- [2] 许华, 汪波, 蒋梦娇, 等. 根结线虫的致病机理和防治研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19154-19155.
- [3] 张燕燕, 阎庆九. 茄子根结线虫病的发生与防治[J]. 现代农业科技, 2009(10): 102-103.
- [4] 李善梅, 李纪顺, 徐维生, 等. 生防菌剂 YKT41 及 B418 防治茄子根结线虫病的田间试验[J]. 山东科学, 2011, 24(5): 10-13.
- [5] 胡永军, 李明光, 陈永智, 等. 茄子嫁接栽培防治根结线虫砧木的筛选[J]. 长江蔬菜, 2004(6): 32-33.
- [6] 徐小明, 徐坤, 于芹, 等. 茄子砧木对南方根结线虫抗性的鉴定与评价[J]. 园艺学报, 2008, 35(10): 1461-1466.
- [7] 徐小明, 于芹, 徐坤, 等. 南方根结线虫侵染对茄子砧木幼苗根系活性氧代谢及相关酶活性的影响[J]. 园艺学报, 2008, 35(12): 1767-1772.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 167-169, 195-197.
- [9] 赵世杰, 李德全. 现代植物生理学实验指南[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 305-306.
- [10] 汪宗立. 水稻耐盐性的生理研究[J]. 江苏农业学报, 1990, 6(2): 1-6.
- [11] 华东师范大学. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 人民教育出版社, 1983: 143-144.
- [12] 林永英. 水分胁迫对青冈叶片活性氧的伤害[J]. 福建林学院学报, 2002, 22(1): 1-3.
- [13] Mishra N P, Mishra R K, Singhal G S. Changes in the activities of antioxidant enzymes during exposure of intact wheat leaves to strong visible light at different temperatures in the presence of protein synthesis inhibitors[J]. Plant Physiol, 1993, 102: 903-908.
- [14] 韩蕊莲, 李丽霞, 梁宗锁, 等. 干旱胁迫下沙棘膜脂过氧化保护体系研究[J]. 西北林学院学报, 2002, 17(4): 1-5.
- [15] Molinari S. Changes of catalase and SOD activities in the early response of tomato to *Meloidogyne Incognita* attack[J]. Nematologia Mediterranea, 1999, 27(1): 167-172.
- [16] 洪权春. 根结线虫侵染对 Micro-Tom 番茄同工酶变化的研究[J]. 湖南农业科学, 2011(23): 39-41.

温湿度对黄瓜霜霉病菌孢子囊存活的影响

国淑梅, 牛贞福

(山东省农业管理干部学院, 山东 济南 250100)

摘要:以“鲁黄瓜 3 号”黄瓜为试材,研究了温湿度对其霜霉病菌孢子囊存活的影响。结果表明:温湿度对孢子囊的存活有显著的影响,随温度的升高孢子囊的存活率降低,恒温条件下 10、15、20 和 25℃ 存活期为 3~6 d;30℃ 为 3 d;35℃ 时新鲜孢子囊存活期为 1 d。饱和相对湿度条件下的孢子囊存活率最高,并且与相对湿度 75% 和 45% 时孢子囊存活率存在明显差异。

关键词:黄瓜霜霉菌;孢子囊存活率;温湿度

中图分类号:S 436. 421. 1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)23-0142-03

随着设施农业的发展,黄瓜霜霉病呈现扩大蔓延趋势,明确其侵染因子是防治该病害的重要环节。前人对黄瓜霜霉病菌的侵染条件已有研究^[1-2],但对于霜霉病菌侵染过程中的一些关键因子尤其温湿度对病原菌存活率和萌发率的影响尚未明确定量研究,而这又是为生态防病和构建自动侵染测报模型提供基础的生物学和流行病学数据。

第一作者简介:国淑梅(1975-),女,山东聊城人,硕士,讲师,现主要从事植物病理的教学与科研工作。E-mail:ngygs@163.com.
收稿日期:2012-07-18

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验黄瓜品种为“鲁黄瓜 3 号”,来源于青岛市城阳区青城蔬种苗研究所,菌种采自黄瓜病株。

1.2 试验方法

1.2.1 温湿度处理 24 h 对孢子囊存活率的影响 将所采病叶上病原菌接种到具有 3~4 片真叶的黄瓜苗上,待其发病后摘取病叶用毛笔蘸纯净水洗刷病叶上病斑背面的霉层,叶放在下层垫有湿润纱布的保湿塑料盒中,使其产生新鲜孢子囊。试验设 3 个相对湿度(45%、75%、100%)、6 个温度(10、15、20、25、30、35℃)双因子正交处理,总处理数为 $3 \times 6 = 18$,统计的点数为 $18 \times 4 =$

Effects of *Meloidogyne incognita* Infection on Physiology and Biochemistry of Eggplant Seedling Leaves

WANG Bing-lin¹, HAN Tai-li¹, LI Yuan-yuan²

(1. Weifang Academy of Agricultural Sciences, Weifang, Shandong 261071; 2. Department of Agriculture and Bioengineering, Weifang Academy, Weifang, Shandong 261061)

Abstract: ‘Ziyangchangqie’ eggplant was used to study the effects of *Meloidogyne incognita* infection on seedlings growth, activities of protective enzymes and superoxidation of membrane lipid in leaves. The results indicated that the seedling growth was severely inhibited, and the root activity, and the fresh and dry weight of root, stem and leaf declined significantly with *Meloidogyne incognita* infection. Moreover, the plant height and stem diameter also decreased. On the whole, the activities of protective enzymes, namely, superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD) and catalase (CAT), increased at first but declined whereafter. The activities of SOD and CAT increased rapidly at 10 d post-inoculation (dpi), and the activity of the former reached peak at 15 dpi, but declined whereafter, however, that of the later reached peak at 20 dpi. The activity of POD increased sharply at 15 dpi, and reached peak at 20 dpi, decreased subsequently. Furthermore, the *Meloidogyne incognita* infection also led to a persistent increase of the content of malondialdehyde (MDA) in leaves, and rised sharply at 15 dpi, which caused the cell membrane hurt and plant senescence early.

Key words: eggplant; *Meloidogyne incognita*; seedling growth; SOD; POD; CAT; malondialdehyde (MDA)