

AM 真菌和根结线虫互作对 黄瓜幼苗生理变化的影响

李 许 真, 姜 永 华, 陈 书 霞

(西北农林科技大学 园艺学院, 农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要:以黄瓜为试材, 采用盆栽方法, 设置了播种 30 d 后接种根结线虫(*M.*)、接种 *G. i* 30 d 后接种根结线虫(*G. i*+*M.*)和接种 *G. v* 30 d 后接种根结线虫(*G. v*+*M.*)3 个处理, 研究了 2 种 AM 真菌 *Glomus inartradiees* (*G. i*) 和 *Glomus versiforme* (*G. v*) 与根结线虫 *Meloidogyne* sp. (*M.*) 互作对黄瓜幼苗生理变化的影响。结果表明: 黄瓜幼苗受到根结线虫侵染后, 叶片的 PAL、PPO 活性及总酚含量分别在 144、72、288 h 达到最高; 接种 AM 真菌提高了黄瓜幼苗 PAL、PPO 活性及多酚含量, 表明接种 AM 真菌可提高黄瓜幼苗对根结线虫侵染的抗性。接种 *G. v* 和 *G. i* 真菌均使黄瓜幼苗 MDA 含量低于对照, 降低了后期根结线虫侵染造成的膜脂过氧化伤害。综合以上分析可知, 接种 AM 真菌 *G. v* 和 *G. i* 不仅激发了黄瓜幼苗较高的保护性酶活性, 且激发了黄瓜幼苗的次生代谢物质总酚的积累, 增加了植株对根结线虫的抗性, 同时维护了细胞膜的完整性。*G. v* 对黄瓜植株的保护作用要优于 *G. i*。

关键词: 黄瓜; 丛枝菌根真菌; 根结线虫; 酶活性

中图分类号: S 436.421.1⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2016)05-0009-05

根结线虫是严重制约世界农作物产量的重要病原线虫, 其种类繁多, 适应范围广, 易于传播, 随着设施蔬菜连作年限的增加, 成为设施栽培一种极难防治的土传病害^[1]。常见的根结线虫有 4 种, 即南方根结线虫 (*Meloidogyne incognita*)、花生根结线虫 (*M. aenarai*)、北方根结线虫 (*M. hapla*) 和爪哇根结线虫 (*M. javanic*)^[2], 其中南方根结线虫的危害最为严重^[3-4]。根结线虫病每年可造成蔬菜作物减产 20%, 黄瓜的根结线虫病造成黄瓜减产高达 30%~50%, 甚至可能绝收^[5-6]。研究表明, 陕西省南方根结线虫发生率占全国总发生率的 97.27%, 是危害保护地蔬菜的绝对优势种群, 以葫芦科受害较重^[7]。设施黄瓜在受到根结线虫侵染后, 其叶片的 PAL、PPO 活性及 MDA 含量常常发生变化^[8]。

丛枝菌根真菌 (*Arbuscular mycorrhiza*, AM) 可与植物建立共生关系, 进而改善植株营养状况、增强植物抗逆性、提高植物抗病性、抗虫性^[9-11]。有研究表明, 接种

AM 真菌可防御南方根结线虫对黄瓜的危害^[12]。但黄瓜幼苗中 AM 真菌和根结线虫互作对相关保护性酶活性及总酚类物质的影响报道较少。该试验采用盆栽的方法研究定量接种 AM 真菌和根结线虫对黄瓜保护性酶活性和总酚变化的影响, 以期 AM 真菌在防治黄瓜根结线虫病害提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种: 选用设施专用品种“露地金秋”进行试验, 种子购买于杨凌农城种业科技有限公司。

供试真菌菌剂: 地地球囊霉 *Glomus versiforme* (*G. v*) 和根内球囊霉 *Glomus inartradiees* (*G. i*), 采用高粱扩繁的培养基质、侵染根段、菌丝和孢子的混合物, 孢子密度约为 30 个/g, 菌剂购买于北京市农林科学院。

供试根结线虫: 采用次氯酸钠法^[1]制备根结线虫卵悬浮液。从陕西省咸阳市杨陵区西卫店多年连作番茄的塑料大棚里采集。具体方法如下: 采集被根结线虫侵染严重的番茄根系, 轻轻洗去根表土, 剪成 1 cm 长的根段, 放入 500 mL 三角瓶中, 倒入 200 mL 0.5% NaClO 溶液并用力震荡 3 min, 然后用无菌水冲洗数次, 以便将 NaClO 溶液冲洗干净, 随后将根组织倒入 60-200-500 目组筛内, 用无菌水冲洗 200 目网筛上的根碎片, 以便尽可能在 500 目网筛上回收更多的根结线虫卵。经鉴定, 确认为南方根结线虫。将卵悬浮液收集于 250 mL 烧杯

第一作者简介: 李许真 (1989-), 女, 硕士研究生, 研究方向为蔬菜生理与生物技术。E-mail: 15209276286@163.com.

责任作者: 陈书霞 (1971-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为蔬菜生理与生物技术。E-mail: shuxiachen@nwsuaf.edu.cn.

基金项目: 2013 年陕西省县域重点科技资助项目 (K332021408); 杨凌示范区科技计划资助项目 (2014NY-34); 陕西省农业科技计划攻关资助项目 (2013K02-04)。

收稿日期: 2015-12-14

中,用移液枪移取 0.1 mL 卵悬浮液用血球计数板计算卵悬浮液的浓度,然后将悬浮液浓度配制成 1 000 粒/mL,置 4℃ 冰箱中备用。

供试基质:将购于西北农林科技大学新天地的成品基质和河沙经过 121℃ 高压蒸汽灭菌 2 h 后按 3:1 的比例混匀,内含有机质 0.53%,全磷 0.12%,碱解氮 26.7 mg/kg,有效磷(P)13.5 mg/kg,速效钾(K)75.8 mg/kg。

1.2 试验方法

试验在西北农林科技大学蔬菜生理实验室进行。黄瓜种子进行温汤浸种,取出后室温浸泡 4 h,待种子充分吸水后放入垫有滤纸的培养皿中,于恒温培养箱 28~30℃ 下催芽,露白后播种。播种采用 9 cm×9 cm 黑色塑料育苗钵,每钵装供试基质 100 g,将 AM 真菌接种物按 10%(w:w)的比例铺在种子下方 0.5 cm 处,对照加入等量的灭菌培养基。每钵播 2 粒种子,于小型人工气候室培养,温室内温度(昼/夜)约 25℃/18℃,人工补光,4×40 W,定期浇水,不再施肥。子叶出土后留 1 株壮苗,黄瓜生长 30 d 时,在苗根部打 5 cm 深的洞,采用灌根法接种线虫,每钵接种 2 mL 根结线虫卵悬浮液。以空白对照(用 CK 表示),试验设播种后 30 d 接种根结线虫(用 M. 表示)、播种时接种 *G. i* 真菌 30 d 后接种线虫(用 *G. i*+M. 表示)、播种时接种 *G. v* 真菌 30 d 后接种线虫(用 *G. v*+M. 表示)3 个处理,每个处理设 3 个重复,每重复 30 钵,共 360 钵。接种线虫时记为 0 h,分别在接种线虫后 72、144、216、288、360 h 取样进行指标测定。

1.3 项目测定

苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性:参照 BEAUDOIN-EAGAN 等^[13]方法。在 290 nm 处测定吸光度。以每小时在 290 nm 处吸光度变化 0.01 所需酶量为 1 个酶活力单位。多酚氧化酶(PPO)活性:采用邻苯二酚法测定^[14]。在 398 nm 处测定反应体系吸光值(A),以每分钟 A 值变化的 0.01 作为 1 个酶活力单位。总酚含量:采用 Folin-Ciocalteu 试剂法测定总酚含量^[15]。765 nm 处比色测定吸光度,以没食子酸(Sigma 公司)为标准物制作标准曲线计算总酚含量。丙二醛(MDA)含量:采用硫代巴比妥酸法测定^[16]。取上清液于 532、450、600 nm 波长下,以蒸馏水为空白调透光率 100%,测定吸光度。

1.4 数据分析

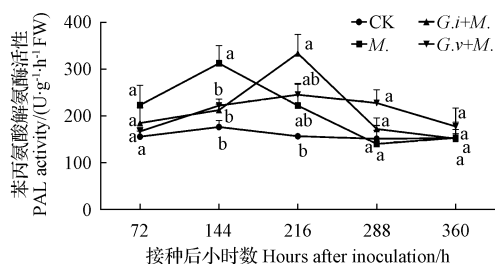
数据采用 Excel 2003 和 DPS 7.55 软件进行统计分析,利用邓肯(Duncan)新复极差法进行显著性检验。

2 结果与分析

2.1 AM 真菌和根结线虫互作对黄瓜幼苗 PAL 活性变化的影响

一般而言,苯丙氨酸解氨酶(PAL)是木质素、植保素生物合成的苯丙烷代谢途径的关键酶,常常在植物抗病过程中起非常重要的作用。由图 1 可知,与对照相比,黄瓜幼苗接种根结线虫(M.)后 PAL 活性呈现先升

高再降低的趋势,其活性在 144 h 达到最大值,比对照增加了 77.20%,显著高于对照。播种时接种 *G. i* 真菌 30 d 后接种线虫处理(*G. i*+M.)的 PAL 活性在接种线虫后 216 h 出现了酶活性高峰,比对照增加了 113.20%,显著高于对照,但与 M. 处理相比,PAL 活性增加了 50.27%,且酶活性高峰延迟。播种时接种 *G. v* 真菌 30 d 后接种线虫处理(*G. v*+M.)的 PAL 活性也呈现先增加后降低的趋势,但 PAL 活性高峰不明显,在接种根结线虫处理后期仍保持较高水平,其变化趋势相比 *G. i*+M. 处理变化较缓。



注:图中数据为平均值±标准差,每列不同小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P < 0.05$ 水平上差异显著。下同。

Note: The data in the figure are mean ± standard deviation. Different lowercase letters within the same column show significant difference at $P < 0.05$ levels by Duncan's, multiple range test. The same as below.

图 1 各处理叶片中苯丙氨酸解氨酶活性变化

Fig. 1 The change of PAL activity in leaves in the different treatments

2.2 AM 真菌和根结线虫互作对黄瓜幼苗 PPO 活性变化的影响

多酚氧化酶(PPO)常常被认为与植物防御病原微生物侵染有关,是植物的一种防御酶,其活性的增加与寄主植物的抗病性相关。由图 2 可知,黄瓜幼苗接种根结线虫处理(M.)后的 PPO 活性呈现缓慢下降最后上升的趋势,与对照无显著差异。播种时接种 *G. i* 真菌 30 d 后接种线虫处理(*G. i*+M.)的 PPO 活性呈现缓慢下降的趋势,在 72 h 出现 PPO 活性最大值,比对照和 M. 处理分别高 23.64% 和 29.87%。播种时接种 *G. v* 真菌 30 d 后接种线虫处理(*G. v*+M.)的 PPO 活性呈现先降低后升高的趋势,酶活性最大值出现在 72 h,比对照和

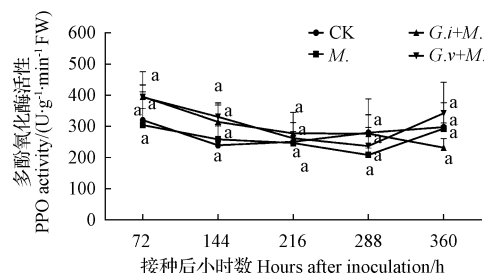


图 2 各处理叶片中多酚氧化酶活性变化

Fig. 2 The change of PPO activity in leaves in the different treatments

M. 处理分别高 23.12% 和 29.33%, 且其 PPO 活性在 360 h 高于 *M.* 处理和 *G.i+M.* 处理。

2.3 AM 真菌和根结线虫互作对黄瓜幼苗总酚含量变化的影响

酚类物质广泛分布于植物体中, 在植物叶片及其它组织的细胞液泡中一般以糖苷活糖脂状态积存, 与植物的抗性密切相关。由图 3 可知, 对照中总酚含量变化平缓且含量较低。黄瓜幼苗接种根结线虫处理(*M.*)后的总酚含量呈现先缓慢上升后下降的趋势, 且一直保持较高水平, 各个时期均显著高于对照, 在 288 h 达到最大值, 比对照增加了 148.47%。播种时接种 *G.i* 和 *G.v* 真菌再接种根结线虫处理(*G.i+M.* 和 *G.v+M.*)的总酚含量呈现先缓慢升高后缓慢降低的变化趋势, 总酚含量最大值出现在 288 h, 分别比对照高 56.74% 和 43.91%, 但比 *M.* 处理低 36.92% 和 42.08%。*G.i+M.* 和 *G.v+M.* 处理之间总酚含量差异不显著。

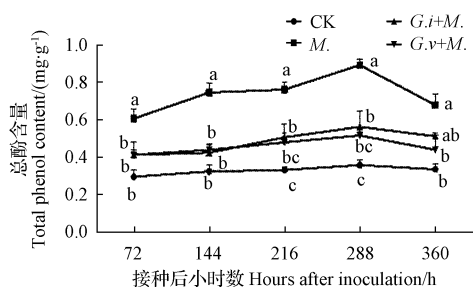


图 3 各处理叶片中总酚含量的变化

Fig. 3 The change of total phenol content in leaves in the different treatments

2.4 AM 真菌和根结线虫互作对黄瓜幼苗丙二醛含量变化的影响

丙二醛(MDA)是膜脂氧化的最终分解产物, 常常采用其含量的高低代表膜脂过氧化程度。由图 4 可知, 与对照相比, 黄瓜幼苗接种根结线虫(*M.*)后的 MDA 含量呈现先上升后缓慢下降的变化趋势, 在 144 h 出现 MDA 含量高峰, 比对照增加了 119.29%, 且其高峰有所提前。播种时接种 *G.i* 真菌 30 d 后接种根结线虫处理(*G.i+M.*)的 MDA 含量一直保持较低水平且变化平缓。播种时接种 *G.v* 真菌再接种根结线虫处理(*G.v+M.*)

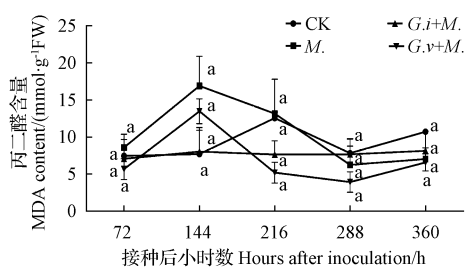


图 4 各处理叶片中丙二醛含量的变化

Fig. 4 The change of MDA content in leaves in the different treatments

M.) 的 MDA 含量也呈现先上升后下降的变化趋势, 其 MDA 含量高峰出现在 144 h, 比对照增加 74.77%, MDA 含量高峰相对于对照有所提前, 但与 *M.* 处理相比, MDA 含量降低了 20.30%, 并且在 144 h 后迅速下降。

3 讨论

3.1 不同的保护性酶在黄瓜幼苗受到胁迫时的作用

苯丙烷类代谢是植物重要的代谢途径之一, 苯丙氨酸解氨酶(PAL)是催化苯丙烷类代谢途径第一步反应的酶, 也是这一途径的关键酶和限速酶。在植物遭受虫害、病害时, 苯丙烷类代谢被激活, PAL 活性上升^[17]。而多酚氧化酶(PPO)是植物体内普遍存在的一种末端氧化酶, 是酚类物质合成的一个关键酶^[18]。PPO 活性的增加使植株中酚类物质的氧化速度加快, 进而使寄主植物的抗病反应增强^[19]。该试验中黄瓜幼苗接种根结线虫后叶片的 PAL、PPO 活性在短时间内升高后迅速下降, 说明根结线虫诱导了黄瓜植株的防御体系, 但随着时间的延长植株所表现出来的抗性逐渐减弱。这与徐小明等^[20]在茄子砧木抗南方根结线虫的研究结果相似。AM 真菌在根结线虫侵染时期使黄瓜幼苗的 PAL、PPO 活性在一定程度上有所提高, 对植株有很重要的保护作用, 这与王倡宪等^[21]研究的接种 AM 真菌后黄瓜对枯萎病的抗性增强结果一致。试验结果也说明 *G.v* 真菌对 PAL、PPO 活性的激发作用和时间都要优于 *G.i* 真菌。这可能是因为 *G.v* 真菌、南方根结线虫和黄瓜品种“露地金秋”可以组成更加适宜的“菌根真菌-病原菌-植物”三元嵌合体而充分发挥了 *G.v* 真菌的保护作用。

3.2 接种 AM 真菌对酚类物质的影响

酚类物质常常通过参与木质素的合成、抑制病原菌所分泌的细胞壁多糖降解酶类活性、或与毒素结合并使之钝化的方式参与植物对病原物的生化和防卫反应^[22]。研究表明, 黄瓜幼苗接种根结线虫后, 总酚含量显著升高, 与王艳艳等^[23]研究的黄瓜品种“新泰密刺”接种根结线虫后 24 d 内叶片总酚含量上升结果相似, 播种时接种 AM 真菌使黄瓜幼苗中总酚的含量相对于对照有所增加。DEHNE 等^[24]得到了丛枝菌根真菌可以使番茄中可溶性酚含量增加的同结论, 但其总酚含量显著低于只接种根结线虫的黄瓜幼苗, 这可能是因为 AM 真菌的侵染改变了与酚类物质代谢有关的酶的活性变化, 从而影响酚类物质的合成和分解, 合理的减少了植株次生代谢产物的合成和能量的消耗, 从而保证植株生长健壮。

3.3 AM 真菌接种可有效缓解膜脂过氧化作用

植物衰老或在逆境下遭受伤害, 往往发生膜脂过氧化作用产生丙二醛(MDA), 影响细胞膜结构, 干扰正常的生理代谢^[25], 因此 MDA 常常作为判断细胞膜脂过氧化作用的重要标志^[26]。并且胁迫下植物的抗性一般与其体内 MDA 含量呈负相关^[27]。研究表明, 黄瓜幼苗接种根结线虫后 MDA 含量升高, 细胞膜受到严重伤害, 叶

片变黄,植株早衰。在番茄、茄子植株上也得到了相同的结论^[28-29]。而预先接种 AM 真菌可以有效的降低黄瓜幼苗的 MDA 含量,提高植株对根结线虫的抗性。王倡宪等^[30]研究表明接种 AM 真菌也提高了黄瓜对枯萎病的抗性,其中 *G. v* 真菌对植株细胞膜的保护作用大于 *G. i*。贺忠群等^[31]的研究结果也证实了这一点,即对番茄接种 6 种 AM 真菌,都可以使番茄植株中 MDA 含量显著下降,其中接种 *G. v* 的诱导作用最大,显著大于 *G. i*。因此,在根结线虫侵染时,*G. v* 和 *G. i* 真菌都可以保护黄瓜植株的细胞膜系统,减少植株细胞膜的膜脂过氧化程度,从而减轻根结线虫对黄瓜幼苗的危害。

综上所述,该试验通过预先接种 AM 真菌对根结线虫侵染的黄瓜叶片 PAL、PPO 活性和 MDA、总酚含量的动态分析,发现预先接种 AM 真菌能激活寄主的防御反应,提高植株 PAL、PPO 和总酚等保护性酶和物质的含量并降低 MDA 含量,使黄瓜幼苗对病原线虫的入侵产生强烈而快速的反应,抑制病害的发生发展。综合各项指标,在黄瓜植株上 *G. v* 真菌的保护效果要优于 *G. i* 真菌,2 种真菌都可以降低黄瓜植株线虫侵染的危害,但 *G. v* 真菌的作用效果更佳。

参考文献

- [1] 刘维志. 植物病原线虫学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 1-255.
- [2] 董雯雯. 南方根结线虫 RNAi 胚致死效应基因的筛选与功能鉴定[D]. 福州: 福建农林大学, 2008.
- [3] 汪来发, 杨宝君, 李传道. 华东地区根结线虫的调查[J]. 林业科学研究, 2001(5): 484-489.
- [4] XU J, LIU P Q, LONG H. Characterisation of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism[J]. European Journal of Plant Pathology, 2004, 110(3): 309-315.
- [5] 王艳飞, 孟攀奇, 张有为. 黄瓜根结线虫病的发生与防治[J]. 北方园艺, 2007(6): 222-223.
- [6] 孟莎莎. 黄瓜抗根结线虫基因工程的初步研究[D]. 杭州: 杭州师范大学, 2011.
- [7] 张锋, 张彦龙, 洪波, 等. 陕西设施蔬菜根结线虫的种类鉴定及分布[J]. 西北农业学报, 2011, 20(12): 178-182.
- [8] 李文超. 根结线虫对日光温室黄瓜生理生化特性的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [9] 王保民, 任萌圃. 丛枝菌根应用研究进展[J]. 湖北农业科学, 2004(3): 56-59.
- [10] 李晓林, 冯固. 丛枝菌根生态生理[M]. 北京: 华文出版社, 2001: 49-203.
- [11] 王鹏. 丛枝菌根真菌对作物抗南方根结线虫作用的研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [12] 张淑彬, 王幼珊, 邹国元. 丛枝菌根真菌对黄瓜南方根结线虫病害防治效应[J]. 北方园艺, 2011(19): 123-126.
- [13] BEAUDOIN-EAGAN L D, THORPE T A. Tyrosine and phenylalanine ammonia lyase activities during shoot initiation in tobacco callus cultures[J]. Plant Physiology, 1985, 78(3): 438-441.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版公司, 2000: 203-204.
- [15] SINGLETON V L, ORTHOFER R, LAMUELA-RAVENTOS R M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent[J]. Methods in Enzymology, 1999, 299C(1): 152-178.
- [16] 郝建军, 刘延吉. 植物生理学实验技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2001: 56-57.
- [17] 江昌俊, 余有本. 苯丙氨酸解氨酶的研究进展(综述)[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(4): 425-430.
- [18] 鞠志国, 朱广廉, 曹宗巽. 莱阳梨果实褐变与多酚氧化酶及酚类物质区域化分布的关系[J]. 植物生理学报, 1988, 14(4): 356-361.
- [19] 张宇, 刘世琦, 张自坤, 等. 苯丙烷代谢与嫁接黄瓜抗南方根结线虫的关系[J]. 中国蔬菜, 2010(22): 54-58.
- [20] 徐小明, 徐坤, 于芹, 等. 茄子砧木根系苯丙烷类代谢与抗南方根结线虫水平的关系[J]. 植物保护学报, 2008(1): 43-46.
- [21] 王倡宪, 李晓林, 宋福强, 等. 两种丛枝菌根真菌对黄瓜苗期枯萎病的防效及根系抗病相关酶活性的影响[J]. 中国生态农业学报, 2012, 20(1): 53-57.
- [22] 赵昕, 阎秀峰. 丛枝菌根真菌对植物次生代谢的影响[J]. 植物生态学报, 2006(3): 514-521.
- [23] 王艳艳, 魏珉, 沈琼, 等. 不同抗性黄瓜砧木对南方根结线虫侵染的生理生化反应[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2014(4): 522-528.
- [24] DEHNE H W, SCHONBECK F. Investigations on the influence of *endodotrophic mycorrhiza* on plant diseases II. Phenol metabolism and lignification[J]. Phytopathologische Zeitschrift, 1979, 95: 210-216.
- [25] HE Z Q, HE C X. Changes of antioxidative enzymes and cell membrane osmosis in tomato colonized by *arbuscular mycorrhizae* under NaCl stress[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 2007, 59(2): 128-133.
- [26] 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.
- [27] PORCEL R, RUIZ-LOZANO J M. *Arbuscular mycorrhizal* influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress[J]. Journal of Experimental Botany, 2004, 55(403): 1743-1750.
- [28] 李媛媛, 鲁丽鑫, 王冰林. 根结线虫侵染对番茄叶片保护酶活性及膜脂过氧化的影响[J]. 潍坊学院学报, 2011(6): 73-76.
- [29] 王冰林, 韩太利, 李媛媛. 根结线虫侵染对茄子苗期生理生化反应的影响[J]. 北方园艺, 2012(23): 139-142.
- [30] 王倡宪, 郝志鹏. 丛枝菌根真菌对黄瓜枯萎病的影响[J]. 菌物学报, 2008(3): 395-404.
- [31] 贺忠群, 贺超兴, 任志雨. 不同丛枝菌根真菌对番茄酶活性及光合作用的影响[J]. 北方园艺, 2008(6): 21-24.

Interaction Between AM Fungi and Root-knot Nematode on the Physiological Characteristics of Cucumber Seedlings

LI Xuzhen, JIANG Yonghua, CHEN Shuxia

(College of Horticulture, Northwest Agriculture and Forestry University/Key Laboratory of Horticultural Plant Germplasm Resources Utilization in Northwest China, Yangling, Shaanxi 712100)

库尔勒香梨全同胞家系实生苗特性差异分析

董胜利, 李超海, 张校立, 章世奎, 杜润清, 阿布来克·尼牙孜

(新疆农业科学院 轮台果树资源圃, 新疆 轮台 841600)

摘 要:以 6 个 1 年生库尔勒香梨全同胞家系杂交实生苗为研究对象, 调查了 6 个家系单株的株高、地径、叶片长、叶片宽、叶面积和叶片周长, 并对 6 个家系和家系间的特性差异进行了分析。结果表明: 6 个全同胞家系中叶片和枝干均发生了不同程度的性状分离, 各部分的性状分离度大小依次为叶面积>周长>地径>叶长>株高>叶宽; 苹香梨和库尔勒香梨授粉组合的实生苗生长状况最好, 晚香梨×库尔勒香梨和库尔勒香梨×苹香梨授粉组合的性状分离度最高; 母本对叶片和枝干的特性影响要大于父本, 父本对杂交实生苗的叶片特性影响较大; 叶面积可作为实生苗早期鉴定的重要参考因素。

关键词:库尔勒香梨; 全同胞家系; 实生苗; 特性

中图分类号:S 661.203.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)05-0013-04

库尔勒香梨原产于新疆库尔勒, 是瀚海梨和鸭梨的自然杂交种^[1]。因其香脆化渣、甘甜多汁的特点倍受消费者的喜爱, 是新疆的名优果品。通过不断的推广和发展, 库尔勒香梨已经成为库尔勒及周边地区农业的支柱性产业。随着人们对水果品质和产量需求的日益提高, 库尔勒香梨因果个偏小、外形不规整、粗皮果多、树体抗冻性较差等缺点在生产栽培过程中日益凸显。培育具

有库尔勒香梨风味特点, 优质高产且抗逆性好的新品种, 成为了科研人员研究的重要方向。目前研究人员利用辐射育种、芽变育种和杂交育种等^[2]育种手段进行了新品种的选育, 相继培育出了“新梨 1 号”(库尔勒香梨×砀山梨)、“新梨 2 号”(芽变品种)、“新梨 6 号”(库尔勒香梨×苹果梨)和“新梨 7 号”(库尔勒香梨×早酥梨)和“红香酥”梨(库尔勒香梨×鹅梨)等新品种^[2-5]。杂交育种是一个相对较长的品种选育过程, 对实生苗性状的研究有助于早期的鉴定和选育工作^[6]。截至目前, 研究人员对苹果^[7]、李^[8]、枣^[9]等果树一年生杂种实生苗的特性进行了研究。对于梨杂交后代的研究则多集中在 3 年生苗的生长量、性状分离与童期和品质的相互关系^[10-11]。吴敏^[12]通过对 12 组库尔勒香梨为母本的杂交组合研究发

第一作者简介:董胜利(1970-), 男, 新疆吐鲁番人, 本科, 农艺师, 研究方向为果树种质资源。E-mail:1449693707@qq.com.

基金项目:自治区公益性科研院所基本科研业务经费资助项目(KY2014026); 国家科技基础条件平台项目子课题资助项目(NICGR2015-060)。

收稿日期:2015-12-14

Abstract: Taking cucumber as material, the cucumber seedlings were inoculated with root-knot nematode (*Meloidogyne* sp.) after sowing 30 days, pre-inoculated with *Glomus versiforme* and then inoculated with *Meloidogyne* sp. (*G. v*+*M.*), and pre-inoculated with *Glomus inartradiies* and then inoculated with *Meloidogyne* sp. (*G. i*+*M.*) separately, and normal cultivation as control. The effect of interaction between AM fungi and root-knot nematode on physiological changes was conducted based on the pot cultivation cucumber seedlings. The results showed that the activities of PAL, PPO and contents of polyphenol reached the highest at 144 h, 72 h, 288 h respectively after inoculating with root-knot nematode; the activity of PAL and PPO and contents of polyphenol increased in the treatments which inoculated with AM fungi. It showed that the resistance to root-knot nematode was enhanced because of inoculating with AM fungi. The content of MDA in the treatments inoculated with AM fungi was lower than that of control and the damage of plasmalemma peroxide caused by *Meloidogyne* sp. decreased. In one word, the higher PAL and PPO activities of the cucumber seedlings were elicited, and the polyphenol substances accumulated after inoculating with AM fungi, the resistance of *Meloidogyne* sp. was increased, cell membrane integrity was maintained. The protect effect of *G. v* was better than that of *G. i* on cucumber seedlings.

Keywords: cucumber; *Arbuscular mycorrhiza*; *Meloidogyne* sp.; enzyme activity