

木霉对植物促生作用的研究进展

胡 琼

(杭州万向职业技术学院, 浙江 杭州 310023)

摘 要: 木霉是生物防治中一种重要的拮抗菌, 对植物种子的活力、幼苗根系活性、株高及幼苗叶片中叶绿素和可溶性蛋白含量等都有显著的增进作用。现综述木霉对植物促生作用方面的机制和应用, 并就目前该领域存在的问题进行分析和探讨, 同时对其发展前景进行展望。

关键词: 木霉; 植物促生作用; 机制; 应用

中图分类号: Q 949. 32 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001- 0009(2010) 07- 0197- 04

木霉(*Trichoderma*)属于真菌中的半知菌亚门(Det-
teromycotina) 丝孢纲(Hyphomycetes) 丝孢目(Hyphomy-
cetales)粘孢菌(Gloiosporae)类。1794 年 Persoons 第一
个描述木霉; 而 Rifai 和 Domshchet al 则根据形态特征将
其分为哈茨木霉(*T. harzianum*)和绿色木霉(*T. virid*)等
共 11 个群。木霉适应性广, 几乎在所有种植农作物的
土壤中都有木霉真菌存在, 其广泛存在于根围、叶围、种
子和球茎等生态环境中。木霉菌对植物病原菌的拮抗
作用最早是在 1932 年由 Weindling 发现。目前已有研
究发现木霉至少对 18 个属 29 种病原真菌在体外或体内
表现有拮抗作用, 以哈茨木霉的使用最为广泛。除了在
生物防治方面有很重要的作用之外, 木霉还在促进植物
生长作用、诱导植物产生抗病性作用等方面有很大的作
用。因此木霉作为一种新型的促生剂, 具有广泛的应用
前景。

1 木霉的促生机制

1. 1 木霉与根际微生物的相互作用

木霉生防菌对作物根际大多数真菌有抑制作用或
重寄生作用, 或二者皆有, 并主要引起真菌种群数量的
减少和区系组成变化, 多数根际优势菌种对木霉产孢有
较强的促进作用, 但也受放线菌和少数真菌和细菌的抑
制。故木霉对植物的促生长作用与木霉和根际微生物
的相互作用密切相关。

1. 2 木霉的强根际定殖能力

根际能力强的木霉菌株能有效地利用复杂的碳水
化合物, 菌丝在根表面生长较快, 能随着根的生长进行
拓展。未经诱变的木霉菌株只能拓展到根长的 3 cm 以

内, 而经过诱变的获得强根际定殖能力的木霉菌株则拓
展到整个根部, 直至根尖。有研究发现, 根际能力强的
哈茨木霉菌株 1259 22 在植物根部竞争和拓展能力显著
强于其它菌株, 根部比未经处理的健壮, 提示刺激植物
生长是木霉菌株对植物种子或幼苗直接作用的结果, 并
不是在抑制其它病原菌过程中所产生的结果^[1]。部分
木霉还具有溶解可溶性或微溶性矿物质的能力, 通过螯
合或降解作用来溶解金属氧化物, 促进了植物对矿物质
的吸收, 或增强植株对大量元素的吸收力, 从而促进植
物的生长^[2]。

1. 3 木霉代谢产物的促生作用

该机制目前可归纳为以下方面: 一是指生防菌代谢
产物的杀菌作用。木霉代谢产物中含有多种抗生素, 可
以抑制许多病原真菌的生长, 可能是促进植物生长的重要
因素之一。二是指木霉代谢产物的诱导抗性作用, 激
活了植物本身的防御系统而使植物能够抵御病原菌的
侵害, 从而促进植物的生长^[2]。

2 木霉对植物的促生作用

木霉对植物促生作用的研究主要是在蔬菜上广泛
开展, 最近也逐渐涉及到一些粮棉作物。

2. 1 对番茄的促生作用

2006 年吴利民等人发现用不同浓度的木霉发酵液
处理的番茄种子, 其茎长和鲜重及增加率均大于或高于
对照和其它稀释浓度。其中 10 倍液和 100 倍液的木霉
发酵液对番茄叶面积、株高和鲜重的促进效果最好, 而
1 000 倍液对番茄根长的促进效果最好。刘连妹等人将
淮安市城南菜园分离出的哈茨木霉用等离子辐射诱变
处理筛选, 其孢子悬浮液处理二叶期番茄幼苗, 能够促
进番茄幼苗地上和地下部分的生长, 提高植株叶片中叶
绿素含量和 POD、PPO、SOD 活性。稀释 50 倍的孢子悬
浮液($1. 28 \times 10^7$ 个 \cdot mL⁻¹) 对番茄生长促进效果最显
著^[3]。陈伯清等人在番茄幼苗根际施用木霉活菌体或

作者简介: 胡琼(1977-), 女, 在读博士, 讲师, 现从事植物病理学研
究工作。

基金项目: 杭州市科技局科研计划资助项目(20080632B19)。

收稿日期: 2009- 12- 24

孢子悬浮液后发现番茄幼苗叶片中的叶绿素含量明显高于对照,且对番茄幼苗生长具有明显的促进作用,其推测认为该促进作用可能是通过提高幼苗叶片的叶绿素含量,增强光合作用来达到的^[4]。同年陆宁海等人研究发现不同含量的哈茨木霉对番茄生长有一定的刺激作用,木霉与土的比例为1:10时对番茄的刺激生长作用最强,番茄幼苗的株高、根系长度、地上部鲜重和根系鲜重明显增加,施用哈茨木霉制剂后,番茄幼苗对氮、钾的吸收明显比对照高,差异显著;同时番茄幼苗的净光合速率和叶绿素含量高于对照^[5]。

2.2 对黄瓜的促生作用

Yedidia等观察到在无菌水培养条件下经哈茨木霉菌83诱导处理的黄瓜总是比未经处理的黄瓜长得大^[6]。李卫平、陆宁海等发现在用木霉处理黄瓜后其叶片浓绿、色深、生长势强、苗高显著增加;而对照黄瓜叶片淡绿、色浅、生长势弱。黄有凯在硕士论文中提到从哈茨木霉大菌落株中筛选出促进生长的高产突变株-13菌株,在大棚黄瓜大田试验中发现该菌株能够促进黄瓜幼苗的生长,以50倍稀释后的发酵液喷施效果最明显。王建锋等研究发现1000倍稀释液木霉发酵产物对黄瓜种子的发芽率、鲜重、茎长、根长的增长率有明显的促生作用,该浓度对黄瓜叶面积、株高、鲜重和根长促进效果最好^[7]。

2.3 对辣椒的促生作用

Kleifeldo和Cheti在1992年发现,用泥土或糠作为基质的哈茨木霉菌株T-203培养物在刺激辣椒生长方面比以孢子悬浮液作为种子包衣剂有更明显的效果,暗示泥土或糠给T-203提供了丰富的养分来源^[8]。10a后刘云龙等的研究证明了此结果。同年吴石平等用木霉菌沾根移栽在4种氮、磷、钾配比施肥条件下均能显著地提高辣椒产量;在施肥量较少时最有利于木霉菌的根际竞争定殖和促生增产效应的发挥,其中2种处理对辣椒的增产效应达显著水平;高厢栽培较平厢栽培更有利于木霉菌的根际竞争定殖和促生增产^[9]。

2.4 对玉米的促生作用

2004年刘枫等在淮北砂姜黑土地区的玉米上进行木霉发酵液的叶面喷施效果试验,研究结果表明喷施木霉发酵液可以促进玉米的营养生长,显著提高玉米产量;玉米施用高量木霉发酵液效果更好^[10]。3a后张广志等用木霉菌株T7制剂处理灭菌后土壤,试验发现该处理对玉米后期的生长促进作用明显,在植株干湿重及根系的发育均明显高于对照。作者认为木霉对植物生长的刺激作用在该试验中得到了明显的验证。

2.5 对豆类的促生作用

Dandurand引用聚乙烯8000将哈茨木霉的厚垣孢子和菌丝片段制备成平均直径为500 μ m的颗粒,发现处

理后的豌豆根重和植株鲜重与对照相比都有明显增加^[11]。魏林等通过对研究产物的组织切片显微镜观察结果发现,哈茨木霉菌T2-16发酵产物通过使豇豆根尖分生区生长点细胞提早和加快分裂,并加快成熟区表皮细胞的活动而形成根毛等,以此提高了豇豆种子的发芽势和生长势,并能显著地促进幼苗地上、地下部分的生长,对幼苗叶片中叶绿素和可溶性蛋白的含量也有显著的增进作用^[12]。

2.6 对花生的促生作用

曾华兰等用哈茨木霉T23制剂处理花生。结果表明,哈茨木霉T23制剂不但可以促进花生出苗和植株健壮生长,而且可以促进花生分枝、增加花生结果数、有籽果率和花生仁的百粒籽重,提高花生产量^[13]。次年刘登望等用哈茨木霉T2-16的菌液制剂拌种能显著提高花生出苗率和成苗率,使花生叶色加深,叶绿素含量提高。原液处理比对照和赤霉素均极显著增产。推测这可能是叶绿素代谢产物促进了花生植株的代谢,但其作用机理与赤霉素又有所不同。随后陈建爱等在花生田间施用生物复合肥木霉T1010,结果也表明,木霉生物复合肥可促进花生营养生长和生殖生长,主茎高增加,有效分枝数增加,开花期、盛花期、结果期提前。双仁果数、总果数增加,饱果率、百果重、出米率、单位产量增加^[14]。

2.7 对莴苣、白菜、甜瓜的促生作用

Lynch等在土壤中加入哈茨木霉,可以使莴苣的发芽率显著提高,植株的干重也显著增加^[15]。高效微生物态氮是一种由哈茨木霉深层发酵液经减压浓缩而成的新型肥料增效剂,赵培洁等将其添加于猪厩肥作白菜基肥,将各处理产量经LSD测定,发现施微生物态氮显著高于施尿素,极显著高于施猪厩肥,增产效果显著^[16]。另外,施用高效微生物态氮后,白菜叶厚而坚挺,叶色浓绿。作者也认为高效微生物态氮施用方法简便,在蔬菜生产上有广阔的应用前景。李国景等探讨了接种木霉对甜瓜生长和发育的影响。结果表明,生物拮抗菌明显促进甜瓜植株生长,其中根长、根系密度、鲜重、干重差异更显著;接种剂量越高,植株越高;果实含糖量明显得到提高。

2.8 同时对多种蔬菜的促生作用

1986年Windham等在固定的悉生环境下进行了哈茨木霉和康宁木霉刺激植物生长的试验,在马铃薯及红萝卜上均表现出了高发芽率、高出苗率及植株干重的增加^[17]。王慧中和赵培洁将哈茨木霉植入合理配比的有机物中,制备成有机菌肥施用于马铃薯和白菜,结果表明,与不加哈茨木霉的对照及常规肥相比,马铃薯和白菜的产量显著提高,增产效果明显^[18]。史晓晶等用盾壳霉孢子液、木霉孢子液及盾壳霉与木霉的混合孢子悬浮液浸种。结果发现,混合孢子悬浮液对油菜种子的萌

发、油菜种子的胚根、黄瓜种子的胚轴、西红柿种子胚根的生长有促进作用。刘枫等在淮北砂姜黑土地地区的包菜和黄瓜上进行木霉发酵液的叶面喷施效果试验,发现喷施木霉,使包菜和黄瓜的生长性状明显改善,产量显著增加。其中黄瓜的增产增收效应更为明显^[19]。钟源等研究发现木霉 L24 菌株对小白菜和萝卜均有很好的促进生长作用。对照盆栽中植株瘦弱矮小,添加了木霉 L24 菌株活体菌源的盐栽中植株健壮,长势良好,鲜重、主根长度和叶面指标均明显高于对照。同时施用木霉 L24 菌株的处理在油菜株高、主根长、茎宽、须根数量、叶面积各个生理性状指标的测量中均高于对照,植株生长健壮,其中主根长度比对照有明显增加,表明木霉 L24 菌株对田间油菜薹期的生长具有良好的促进作用^[20]。杨春林等分别研究发现木霉对黄瓜、番茄、芹菜、白菜、菠菜和辣椒等多种蔬菜的生长有较强的促进作用^[21]。

2.9 对水稻、麦类、棉类的促生作用

在水稻方面,魏林等研究发现木霉 T216 发酵产物适宜的浓度对杂交水稻种子进行浸种处理能显著提高种子的活力,促进秧苗根系和地上部分的生长,此外还能增强秧苗光合作用,使植株体内可溶性蛋白质含量提高,显示出木霉发酵产物在促进植物生长方面的潜力^[22]。这为扩大木霉这一生防菌的应用范围奠定了基础。在小麦方面:黄有凯在硕士论文中提到通过对哈茨木霉、绿色木霉和里氏木霉的发酵液浸种后的水稻、小麦萌发过程中的发芽率、发芽势、根长、芽长和根冠比的比较,发现 50 倍稀释的哈茨木霉发酵液对种子的萌发有较为显著的促进作用。用该发酵液喷施水稻幼苗,发现该菌株对水稻苗的株高、分蘖数及生物量都有较为明显的促进作用。陆宁海等研究发现,应用哈茨木霉后小麦、玉米幼苗的株高、根系长度及鲜重明显增加,光合作用增强,呼吸作用不变,叶绿素含量增加;小麦、玉米幼苗的 β -1,3-葡聚糖酶、过氧化物酶活性比对照显著增加,幼苗的抗病性增强。在棉花方面:孙锋研究发现木霉发酵产物使供试抗虫棉种子的活力指数、萌发率均表现为提高,同时根鲜重和叶绿素含量有所增加,降低种子的相对电导率,同时增加了苗期根系的谷胱甘肽还原酶活性和抗坏血酸过氧化物酶活性,其中稀释 50 倍的发酵液能使种子活力的提高和壮苗作用同时出现^[23]。

2.10 对草种的促生作用

2003 年李江遐等通过盆栽试验比较了不同肥料处理对多年生黑麦草的各种元素含量及根系硝酸还原酶活性的影响。结果表明,菌株发酵液与尿素混合喷施可明显提高坪用黑麦草的氮和叶绿素含量,增强根系的硝酸还原酶活性。单施尿素效果好于单施菌株发酵液。试验表明,采用离子束对哈茨木霉进行注入并筛选出的突变株其发酵液对黑麦草草坪的维护有积极的效果,为

草坪的合理营养与养护提供了依据^[24]。最近程玲娟等对豆科的三叶草、苜蓿、红豆草,禾本科的黑麦草、紫羊茅和高羊茅种子用深绿木霉孢子悬浮液浸种处理,设置了各种处理。结果表明,50 倍液、25~30℃、60%~80% 的萌发湿度和全黑暗的光照条件下深绿木霉对供试牧草种子发芽的促生作用最为明显^[25]。该研究进一步为草坪的合理营养与养护提供了依据。

2.11 对花卉的促生作用

木霉对花卉促生作用研究比较少,最早是在 1986 年 Chang 和 Baker 通过试验证实,当用泥土或糠为基质的哈茨木霉培养物或其分生孢子悬浮液处理土壤后,长春花和菊花等植物均出现高发芽率、开花早而多、植株高及植株鲜重增加的现象。1993 年 Calvet 发现用深绿木霉和一种根固菌混合处理金盏花后,出现了明显的刺激生长作用。深绿木霉本身不会对终极腐霉产生抑制作用,但当它与这种根固菌混合后,对终极腐霉就产生了抑制,促进了植物生长。因此,试验证明了植物根际微生物在木霉促进植物生长过程中所起的重要作用。

3 讨论和展望

像根瘤菌和菌根真菌一样,木霉能够对植物生长产生明显的影响。它能产生植物毒性成分而抑制植物生长,也能通过产生激素和根际竞争能力促进植物生长。而目前木霉对植物促生作用研究中存在的问题还是很明显的。第一,许多研究是在土壤病原菌被限制或被完全消除的情况下进行的,譬如是在悉生环境下,只包括植物和木霉 2 种活体有机物的情况下进行的木霉刺激生长研究,其结果的可靠性因试验环境与真正的土壤环境相距甚远而值得思索。第二,绝大部分促生试验是在盆栽条件下进行的,而田间的大环境要远比该条件复杂的多,譬如与其它微生物之间的相互作用和影响、土壤条件及植物根系的变化等。因此将其真正投入到田间试验时,结果还会受到很多其它因素的影响。第三,促生试验只是局限在部分植物,是不是对其它作物都有效还需要进一步去验证。第四,木霉及其制剂的培养条件并不是很成熟。如何寻找拮抗木霉菌的适宜发酵培养条件,控制次生代谢水平,提高制剂抗生素的产量,提高其稳定性和种群竞争能力还是目前研究的难点。

当然,大量的研究也证实了木霉对植物生长的促生效果是非常明显的。作为一种新型环保能源,木霉对作物促生方面的研究和应用将会不断的深入、加强和推广。同时随着更多更新的现代生物技术的出现和运用,木霉促生作用的研究和应用将朝着更多方面发展。

参考文献

- [1] Bjorkman T, Blanchard L. Growth enhancement of shrunken-22(sh2) sweet corn by *Trichoderma harizanum* 1295-22: effect of environmental stress [J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1998, 123: 35-40.

- [2] 朱双杰,高智谋. 木霉对植物的促生作用及其机制[J]. 菌物研究, 2006, 4(3): 107-111.
- [3] 刘连妹,钱雯霞,屈海泳. 哈茨木霉孢子悬浮液对番茄幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 江苏农业科学, 2007(4): 96-98.
- [4] 陈伯清, 屈海泳, 刘连妹. 木霉 HT-03 对番茄幼苗叶绿素和保护酶的影响[J]. 江苏农业科学, 2007(3), 112-114.
- [5] 陆宁海, 吴利民, 田雪亮, 等. 哈茨木霉对番茄幼苗促生作用机理的初步研究[J]. 西北农业学报, 2007, 16(6): 192-194.
- [6] Yedidia Benhamou N, Chet L. Applied and environmental[J]. Microbiology, 1999, 65(3): 1061-1070.
- [7] 王建锋, 吴利民, 陆宁海, 等. 木霉发酵产物对黄瓜种子活力及幼苗生长的影响[J]. 陕西农业科学, 2008(3): 37-38.
- [8] Cheti K. *Trichoderma harzianum* interaction with plants and effect on growth response[J]. Plant Soil, 1992, 144: 267-272.
- [9] 吴石平, 燕嗣皇, 陆德清. 施肥及栽培方法对木霉菌在辣椒上的促生增产效应的影响[J]. 贵州农业科学, 2002, 30(4): 13-15.
- [10] 刘枫, 何传龙, 王道中, 等. 木霉发酵液在玉米上应用效果初报[J]. 安徽农学通报, 2004, 10(4): 67-68.
- [11] Dandurand L, Knudsen G. Influence of *Pseudomonas fluorescens* on hyphal growth and biocontrol activity of *Trichoderma harzianum* in rhizosphere of pea[J]. Phytopathology, 1993, 83(3): 265-270.
- [12] 魏林, 梁志怀, 罗赫荣. 哈茨木霉 T2-16 发酵产物对豇豆种子胚根组织的影响[J]. 湖南农业科学, 2004(4): 23-24, 27.
- [13] 曾华兰, 叶鹏盛, 李琼芳, 等. 哈茨木霉 T23 对花生的促生增产作用[J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(1): 145-146.
- [14] 陈建爱, 王未名, 刘益同. 生物复合木霉 T1010 对花生生长的影响[J]. 花生学报, 2008, 37(3): 29-32.
- [15] Lynch J, Lumsden R, Atkey P, et al. Prospect for control of *Pythium damping-off* of lettuce with *Trichoderma*, *Cliocladium*, and *Enterobacter* spp[J]. Biology and Fertility of Soils, 1991, 12(2): 95-99.
- [16] 赵培洁. 高效微生物态氮及其对白菜的增产效果[J]. 园艺学报, 2001, 28(3): 275.
- [17] Windham M, Eland Y, Baker R. Mechanism for increased plant growth induced by *Trichoderma* spp[J]. Phytopathology, 1986, 76: 518-521.
- [18] 王慧中, 赵培洁. 有机肥在马铃薯上的应用[J]. 江西农业学报, 2002, 14(1): 41-43.
- [19] 刘枫, 蒋立科, 何传龙, 等. 木霉菌在蔬菜上的应用效果初报[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 295-297, 319.
- [20] 钟源, 张敏, 陈华保, 等. 木霉 L24 菌株的农用生物活性初步研究[J]. 西南农业学报, 2007, 20(6): 1225-1228.
- [21] 杨春林, 席亚东, 刘波微, 等. 哈茨木霉 T-30 对几种蔬菜的促生作用及病害防治初探[J]. 西南农业学报, 2008, 21(6): 1603-1607.
- [22] 魏林, 梁志怀, 罗赫荣. 哈茨木霉 T2-16 发酵产物对水稻种子活力的影响[J]. 种子, 2005, 24(11): 4-6, 50.
- [23] 孙锋. 木霉发酵产物对抗虫棉种子萌发及苗期生长的影响[J]. 作物杂志, 2009(2): 33-35.
- [24] 李江遐, 蒋立科. 木霉菌在坪用黑麦草上的应用效果初报[J]. 草业科学, 2003, 23(1): 103-105.
- [25] 程玲娟, 徐秉良, 梁巧兰. 深绿木霉对几种牧草草种发芽率的影响[J]. 草原与草坪, 2008(6): 28-31.

Advancement on the Research of the *Trichoderma* Promotion to Plant Growth

HU Qiong

(Hangzhou Wanxiang Polytechnic, Hangzhou, Zhejiang 310023)

Abstract: *Trichoderma* is an important antagonistic fungus of biological control, which was also available on increasing the vigor of plant seed, seedling root vitality and height, the contents of chlorophyll and soluble protein and so on. The research of the *Trichoderma* promotion to plant growth was summarized in this paper. The existing questions about the research were analyzed and discussed, and its applying foreground was prospected.

Key words: *Trichoderma*; promotion to growth plant; mechanism; application

吃番茄有六禁忌

番茄中含大量维生素 C, 每 100 g 番茄中含有 20~30 mg 维生素 C。维生素 C 有增强机体抵抗力、防治坏血病、抵抗感染等作用, 但是有许多人却不知道吃番茄有六个禁忌。

1 不宜和黄瓜同食

黄瓜含有一种维生素 C 分解酶, 会破坏其它蔬菜中的维生素 C。番茄富含维生素 C, 如果二者一起食用, 会达不到补充营养的效果。

2 服用肝素、双香豆素等抗凝血药物时不宜食

番茄含维生素 K 较多, 维生素 K 主要催化肝中凝血酶原以及凝血活素的合成。维生素 K 不足时, 会使凝

血时间延长造成皮下和肌肉出血。

3 空腹时不宜食用

番茄含有大量可溶性收敛剂等成分, 与胃酸发生反应, 会凝结成不溶解的块状物, 容易引起胃肠胀满、疼痛等不适症状。

4 不宜食用未成熟的番茄

青番茄含有生物碱(龙葵碱), 食用后轻则口腔感到苦涩, 重时还会有中毒现象。

5 不宜长久加热烹制后食用

长久加热烹制后会失去原有的营养与味道。

6 服用具有抗胆碱酯酶作用的药用(新斯的明)时禁食。