

DOI:10.19403/j.cnki.1671-1521.2018.01.012

人参锈腐病相关研究进展

佟爱仔, 刘 强, 王 敏, 曹志强*
(吉林人参研究院·吉林 通化·134001)

摘 要: 人参锈腐病(Ginseng rust rot)是人参主要土传病害之一,国内外人参产区均有发生,严重影响人参的产量与品质。为系统了解该病害,本文从人参锈腐病的病原、发病特点及其病害防治等方面进行了综述。

关键词: 人参锈腐病;土传病害;病害防治

Review of Related Research on Ginseng Rust Rot

TONG Ai-zi, LIU Qiang, WANG Min, CAO Zhi-qiang
(Jilin Ginseng Research Institute, Jilin Tonghua 134001)

Abstract: Ginseng rust rot is one of the main soil-borne diseases of ginseng, which occurs in domestic and international ginseng production areas, and it seriously affects the production and quality of ginseng. In order to study ginseng rust rot disease systematically, the pathogen, pathogenesis and disease control of ginseng rust rot were reviewed.

Keywords: Ginseng rust rot; soil-borne diseases; disease control

人参(*Panax ginseng* C. A. Mey)为五加科(Araliaceae)人参属(*Panax* L.)多年生草本植物,是我国传统珍贵中药材,具有重要的经济价值。国内外记载人参、西洋参病害有 40 多种,我国已发现 25 种,人参病害主要以根部土传病害为主,也伴有一些地上部的病害。其中人参锈腐病(Ginseng rust rot)(国外称根腐病 root rot)是人参主要土传病害之一,国内外人参产区均有发生,影响人参的产量与品质,造成巨大的经济损失^[1-2]。本文从人参锈腐病的病原、发病特点及其病害防治等方面进行了综述,以期为进一步研究人参锈腐病病原菌与寄主互作的分子机制提供参考。

1 病原菌

1.1 病原

1966 年我国研究认为吉林人参锈腐病的病原菌有 3 个种,分别为:*Ramularia destructans* Zinss, *R. panacicola* Zinss, *R. spp.*^[3]。1982 年我国学者赵曰丰将人参锈腐病病原菌由 *Ramularia* 属修正为 *Cylindrocarpon* 属,与国外统一,并且认为人参锈腐病病原菌有 4 个种:1. *Cylindrocarpon destructans* (Zinss) Scholten; 2. *C. panacicola* (Zinss) Zhao et Zhu; 3. *C. sp.*

(1); 4. *C. sp.*^[4]。

研究表明,*C. destructans* (Zinss) Scholten 是人参锈腐病主要病原菌^[5-7],属于半知菌亚门(Deuteromycotina)丝孢纲(Hyphomycetes)柱孢菌属(*Cylindrocarpon*),有性阶段为赤壳属(*Nectria*)^[8]。

1.2 生物学特性

1.2.1 不同培养基对病原菌生长的影响

病原菌生长速度比较稳定,但不同培养基对病原菌生长影响显著,其中在 PDA 培养基和 CZA 培养基上生长最好^[9]。

1.2.2 不同碳源对病原菌生长的影响

病原菌能利用多种碳源,其中以蔗糖利用最好^[9]。

1.2.3 不同氮源对病原菌生长的影响

病原菌能利用多种氮源,其中以尿素和蛋白胨利用最好^[9]。

1.2.4 不同温度对病原菌生长的影响

研究表明,病原菌在 10~30℃ 环境下生长,呈现由弱到强,又逐渐到弱的趋势,该菌生长较适合的温度为 20~25℃^[9]。

1.2.5 不同 pH 值对病原菌生长的影响

基金项目:吉林省财政厅,吉林省科技厅项目:“1 农田地栽培人参多发病害防治技术研究”,项目编号:吉财教函[2014]219 号。

作者简介:佟爱仔,女,博士,主要从事植物病理学研究。

* 通信作者:曹志强,男,研究员,主要从事人参、西洋参研究,产品研发,规范化种植及标准制定。E-mail: th5161@163.com.

培养基 pH 值对病原菌生长影响显著,在 pH 3~8 范围内均可生长,最适合生长 pH 值为 6.2 左右,中性偏酸环境^[9-10]。

1.2.6 不同湿度对病原菌生长的影响

湿度对病原菌生长影响很大,湿度在 75% 以下不能生长,79%~90% 虽可生长,但生长缓慢,而在 96% 以上生长很好^[10]。

1.2.7 不同光照对病原菌生长的影响

自然光照射下该菌生长良好,连续黑暗环境不利于病原菌生长^[10]。

2 发病特点

2.1 发病规律

人参锈腐病从早春参苗出土至枯萎期或休眠期均有不同程度的感染或发病,6 月上旬至 7 月下旬为发病盛期,从幼苗到成株各年生人参均能被感染。发病初期侵染处出现锈色斑点,由浅入深,从表皮至根髓扩散,逐渐扩大为锈褐色病斑。受害轻者病根表皮呈现大小不等的红褐色或橘黄色腐斑,病斑处积累大量锈粉状物,呈干腐状;发病严重时病菌深入根内组织,病斑扩散至侧根乃至全根,最终地下参根腐烂,仅残留烂皮腐根,危害甚大^[11-12]。

根部受害后,部分叶子变红色或红黄色;或者不变色,但叶子褶皱不平。茎基部受害严重时,整个地上部萎蔫、倒伏、死亡。芽胞感病后,初呈褐色斑,逐渐变色腐烂,不能出苗^[12]。

2.2 发病条件

人参锈腐病病原菌具有潜伏侵染的特性,1~5 年生参根均带有病菌,带菌率随参龄增长而增高,病菌在健壮参根中能够长时间处于潜伏状态,当参根衰弱,土壤环境有利发病时,参根才发病^[13]。不同年生的参根对病菌抗病力不同,参根年龄越小发病率越低,病斑也小;参根年龄大,其发病率也高,病斑也随之增大,3 年生参根感染率最高^[14]。

土壤湿度是发病的关键因素,其次是土温、参龄和土质,湿度越大,越有利于发病;土温 15℃ 左右,发病率较高,20℃ 以上发病率低;参龄小发病率低,参龄大发病率高;黑色腐殖土比砂质土发病严重^[15]。

3 病害防治

3.1 化学防治

目前,防治人参锈腐病多采用化学防治,上世纪四十年代筛选出多菌灵、五十年代应用氯化苦进行土壤消毒,八十年代研究棉隆防治人参锈腐病具有明显效果^[16]。通过室内药剂测定和田间小区防治试验表明,多

菌灵防治效果较好,保苗率和增产效益明显^[14, 17]。土壤注入氯化苦液剂 25~35kg/667m² 防治效果明显优于多菌灵可湿性粉剂^[18]。中国农科院特产所应用棉隆杀菌剂进行土壤消毒,具有较好效果^[19]。高书砚等应用百菌清、多菌灵、乙磷铝进行浸苗及土壤处理防治人参根病(主要是锈腐病),其防病与增产效果较为明显^[20]。

王士杰等通过抑菌试验、盆栽试验、田间药剂防治试验筛选出抑菌率和防效在 40% 左右的药剂:25% 戊唑醇 WP、25% 丙环唑 EC、40% 菌核净 WP、50% 烯酰吗啉 WP、30% 氟菌唑 WP 和 80% 代森锰锌 WP,并通过施用菌核净、代森锰锌等控制病情蔓延^[21]。李昕月等通过田间药效试验表明 10% 世高水分散粒剂、18.7% 凯特水分散粒剂和 60% 百泰水分散粒剂是防治人参锈腐病的有效药剂^[22]。除此之外也有研究报道新洁灭、咯菌腈和菌克毒克对人参锈腐病也具有抑制作用和一定的治疗作用^[23-25]。

3.2 生物防治

化学杀菌剂长期使用造成环境污染,导致人参农药残留超标,严重制约人参药材的安全性和商品价值。《中药材生产质量管理规范(试行)》提倡使用微生物菌剂,尽可能减少化学农药的使用。目前利用微生物防治人参锈腐病的研究主要集中在拮抗菌株筛选、室内生物测定和田间防效实验等方面。

3.2.1 生防真菌

用于生防真菌主要是木霉菌属 (*Trichoderma* spp.), 木霉菌剂不仅能有效控制人参根部病害,而且提高人参出苗率和成活率^[26]。常见的有哈茨木霉 *T. harzianum*、绿色木霉 *T. viride*、钩状木霉 *T. hamatum*、长枝木霉 *T. longibrachiatum*、康氏木霉 *T. koningii* 等^[27]。Kim 应用木霉菌防治韩国人参土传病害^[28];我国许多研究人员筛选获得数株对人参锈腐病病原菌有抑菌作用的木霉菌^[29-34];通过研究发现绿色木霉 *T. viride*^[35, 36],哈茨木霉 *T. harzianum*^[27, 37],深绿木霉 *T. atroviride* 和康氏木霉 *T. koningii* 对人参锈腐病菌有强烈的抑制作用和一定的防病效果^[30]。

3.2.2 生防细菌

用于生防细菌主要有芽孢杆菌属 *Bacillus* spp.、假单胞杆菌属 *Pseudomonas* spp. 和农杆菌属 *Agrobacterium* spp. 三大类。吴连举获得 4 株对人参锈腐病原菌有抑制作用的芽孢杆菌,并且田间防病效果明显^[29];枯草芽孢杆菌 *B. subtilis*、多粘芽孢杆菌 *B. polymyxa* 和解淀粉芽孢杆菌 *B. amyloliquefaciens* 对人参锈腐菌具有拮抗作用^[37-41];并且研究发现 *B. amyloliquefaciens*

及其发酵浓缩液还具有促进人参生长作用^[42-43];甲基营养型芽孢杆菌 *B. methylotrophicus* 及其产生的抗菌蛋白可对人参毁灭柱孢菌具有明显抑制作用,同时具有广谱抑菌能力,并且对人参植株具有一定促生作用^[44-47];土壤短波单胞菌 *B. terrae* 发酵液对人参锈腐病具有防病效果^[48-49]。

3.2.3 生防放线菌 一些放线菌菌株不仅具有抑菌活性,而且可促进人参生长发育,提高产量,改善品质^[50-51]。例如链霉菌属(*Streptomyces*)细黄链霉菌 *S. microflavus* 在生长过程中分泌数种不同抗生素,抑制多种植物病原菌的生长,并分泌激素促进植物细胞的分裂和伸长,由其制成的“5406”菌肥降低了人参锈腐病的病情指数和发病率^[52];“5406”激抗剂含有植物细胞分裂素和抗生素成分,能加速细胞分裂,促进叶绿素形成和蛋白质合成,增加植物含糖量,具有抗寒和抑制病害的效果,用其处理人参明显延长其生育期,长势旺盛,参根增重,对锈腐病有防治效果^[53]。

国内外学者筛选获得许多对锈腐病原菌具有拮抗作用的链霉菌 *Streptomyces* spp.^[54-55]。韩国文献报道 *S. variabilis*, *S. virginiae*, *S. griseolus* 三种放线菌对病原菌有明显抑制作用^[56];Chung 等从人参根际土壤中分离到 5 株对人参锈腐菌具有明显抑制作用的链霉菌^[57];我国研究发现李色链霉菌 *S. prunicolor*、奈良链霉菌 *S. naraensis*、灰产色链霉菌 *S. griseochromogenes*、酒红土褐链霉菌 *S. vinaceus-drappus*、黑浅灰链霉菌 *S. nigrogriseolus* 和酒红链霉菌 *S. vinaceus* 对人参锈腐病菌有较强拮抗作用^[58-61];张鸿雁等获得数株对人参锈腐菌有较强的抑制作用的放线菌,并显著降低病情指数^[32, 62, 63]。

单纯用某一种微生物防治土传病害的效果往往较差,将不同生防菌复配使用可以降低植物病害的发病率,增强防治效果^[64]。如日本已用多种微生物配制出一种生物药剂 EM^[27],EM 菌剂对西洋参锈腐病的抑菌效果比百菌清、代森锰锌等化学农药更好^[65],并且 EM 处理老参地能显著提高土壤中的有效氮、磷、钾含量,提高土壤生物活性和土壤肥力^[66]。张爱华等将木霉菌 *T. longibrachiatum* 和放线菌 *S. fradiae* 复配施用,对西洋参锈腐病有较好的防治效果,同时可以促进西洋参植株生长^[67]。11371 复合剂(11371 复合剂+多菌灵)不仅能防治人参锈腐病,而且提高人参产量和品质^[68]。

4 展望

人参锈腐病是影响人参栽培和连作的重要因子,

是国内外各产区普遍发生的一种土传病害,严重影响人参的产量和品质,同时降低出口量。虽然对人参锈腐病的研究较多,但仅限于病原菌的分离、生物学特性、病害发生规律、杀菌剂筛选和参地土壤改良等一些基础工作。传统农业防治不能从根本上控制病害发生、发展,且防治效果不稳定。过多化学农药使参根农残超标,降低人参商品价值,同时破坏土壤的微生态环境。

生物防治为锈腐病的防治提供了广阔前景,但影响生物防治效果的因素有很多,再加上拮抗菌的作用机制不同,使得生物防治不能达到预期效果。因此,要对人参锈腐病原菌侵染、发病等过程的作用机制,锈腐病生防机理,拮抗菌的选择等方面进行更深入的研究。

参 考 文 献

- [1] Chung, H.S. Studies on *Cylindrocarpon destructans* (ZINS.) SCHOLTEN causing root rot of ginseng. Reports of the Tottori Mycological Institute, 1975. 12: p. 127~38.
- [2] Rahman, M., Z.K. Punja. Factors Influencing Development of Root Rot on Ginseng Caused by *Cylindrocarpon destructans*. Phytopathology, 2005. 95(12): p. 1381~90.
- [3] 戚佩坤. 吉林省栽培植物真菌病害志. 北京: 科学出版社, 1966.
- [4] 赵日丰, 朱桂香. 关于人参锈腐病原菌属名的修正. 全国人参科研系统第一次学术座谈会论文汇编, 1983: p. 69~71.
- [5] ZK, P. Fungal pathogens of American ginseng (*Panax quinquefolium*) in British Columbia. Canadian Journal of Plant Pathology, 1997. 19(3): p. 301~306.
- [6] R. D. Reeleder, R.A.B. Pathogenicity of *Pythium* species, *Cylindrocarpon destructans*, and *Rhizoctonia solani* to ginseng seedlings in Ontario. Canadian Journal of Plant Pathology, 1994. 16(4): p. 311~316.
- [7] Reeleder RD, R.R., Capell BB. Seed and Root Rots of Ginseng (*Panax quinquefolius* L) Caused by *Cylindrocarpon destructans* and *Fusarium* spp. Journal of Ginseng Reserch, 2002. 26(3): p. 151~158.
- [8] Jeong Young Song, M.W.S., Sun Ick Kim, Myeong Hyeon Nam, Hyoun Sub Lim, Hong Gi Kim.

Genetic Diversity and Pathogenicity of *Cylindrocarpum destructans* Isolates Obtained from Korean *Panax ginseng*. *Mycobiology*, 2014. 42(2): p. 174~180.

[9]张鸿雁,任勇洋,曹新宇,赵伟. 人参锈腐病病原菌鉴定及生物学特性研究. 北方园艺, 2015 (19): p. 118~122.

[10]严雪瑞,傅俊范. 柱孢属(*Cylindrocarpum*)真菌和参类锈腐病的研究历史与现状. 沈阳农业大学学报, 2002. 33(1): p. 71~75.

[11]王琴,金若忠,云丽丽,王建军,姜旭,马冬菁,白玉芬. 人参锈腐病发生情况和病原研究. 辽宁林业科技, 2014(3): p. 15~17.

[12]刘梅娟,李世昌,邢云章,马凤茹. 人参锈腐病菌的鉴定. 植物病理学报, 1984. 14(8): p. 183~185.

[13]白容霖,王子权. 人参锈腐病菌潜伏侵染及其防治研究. 植物病理学报, 1986. 16(1).

[14]朱桂香,陈学胜,吴寿兴,赵曰丰. 人参锈腐病研究初报. 特产科学实验, 1985.

[15]姜瑞平,任跃英. 植物源农药抑制人参病原菌的筛选与研究. 吉农硕士论文, 2006.

[16]马凤茹,邢云章. 棉隆防治人参锈腐病试验初报. 中药材, 1985(2).

[17]陈秀艳,杨丽娜,王雪,白庆荣,陈长卿,高洁. 多菌灵 50%可湿性粉剂防治人参锈腐病田间药效试验. 农药科学与管理, 2015. 36(6).

[18]韩润亭,张金花,任金平,殷嘉光. 氯化苦液剂防治人参锈腐病田间药效试验. 吉林农业科学, 2008. 33(4): p. 32~33.

[19]马凤茹. 人参病害的防治(二). 特产研究, 1988.

[20]高书砚,王子权,吴涛兴. 吉林省人参主要病害药剂防治初步研究. 吉林农业科学, 1988.

[21]王士杰,张爱华,陈晓林,雷凤杰,许永华,张连学. 人参锈腐病新型药剂筛选试验. 农药, 2011. 50(6).

[22]李昕月,付俊范,魏晓兵,李自博,车喜庆,周如军. 长白山区人参锈腐病发生危害调查及杀菌剂田间药效试验. 农学学报, 2015. 5(9): p. 69~72.

[23]王春伟,高洁. 吉林省人参主要病害安全用药技术研究. 吉农硕士论文, 2011.

[24]高景恩,黄瑞贤,黄淑敏,韩继堂,郑艳梅,田德秀,张淑霞. 菌克毒克防治西洋参锈腐病试验初报. 人参研究, 2003(3): p. 45~46.

[25]郭靖,赵曰丰,黄朝晖. 人参、西洋参锈腐病的

综合防治措施. 特产研究, 1997(1).

[26]赵阿娜,丁万隆. 木霉菌剂对人参根部病害防治效果评价. 中草药, 2006. 37(10): p. 1552~1554.

[27]赵阿娜,丁万隆. 利用拮抗微生物防治中药材土传病害研究进展. 中国中药杂志, 2005. 30 (7): p. 485~487.

[28]Kim S.I., S.J.O., Shin H.S., Choi H.J., Lee M. W. Suppressive mechanism of soil-borne disease development and its practical application. Isolation and identification of species of *Trichoderma* antagonistic to soil diseases and its activities in the rhizosphere. *The Korean Journal of Mycology*, 1992. 20(4): p. 337~346.

[29]吴连举,杨依军,武侠,郭靖,刘继永. 利用土壤拮抗性微生物防治人参锈腐病. 中国生物防治, 1999. 15(4): p. 166~168.

[30]周淑香,李小宇,张连学,李玉. 6株木霉菌对人参锈腐病的防治效果. 中国生物防治, 2010. 26: p. 69~72.

[31]王慧,傅俊范,潘争艳. 人参锈腐病菌拮抗菌的筛选及其耐药性测定. 江苏农业科学, 2008 (3): p. 111~113.

[32]强薇,郭帅,张爱华,雷锋杰,匙坤,王壮,王二欢,张连学. 人参根际土壤中拮抗人参病害微生物的筛选. 华南农业大学学报, 2014. 35(5): p. 76~81.

[33]陈书华,李梅,蒋细良,衣涛,张念洁,汪浩,白龙律. 防治人参锈腐病木霉菌的筛选及防治效果. 中国生物防治学报, 2016. 32(2): p. 265~269.

[34]肖春萍,杨利民,韩梅,程林,马锋敏,郭双双. 人参主要病原菌生防真菌的筛选及鉴定. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016. 44(7): p. 181~192.

[35]任守让,王瑞霞. 对人参锈腐病菌的拮抗真菌及其防病效果. 吉林农业大学学报, 1998.

[36]邢云章,马凤茹. 绿色木霉防治人参根腐病的研究. 特产科学实验, 1983.

[37]周如军,傅俊范,史会岩,严雪瑞,孙嘉曼. 人参锈腐病拮抗生防菌的筛选与鉴定. 沈阳农业大学学报, 2010. 41(4): p. 422~426.

[38] Jang, Y., Kim, S.G., Kim, Y.H. Biocontrol Efficacies of *Bacillus* Species Against *Cylindrocarpum destructans* Causing Ginseng Root Rot. *Plant Pathology Journal*, 2011. 27(4): p. 333~341.

[39]贾冬舒,马井喜,秦凤贤,武军,胡铁军,李忠敬,陈巍. 人参锈腐病拮抗菌的筛选鉴定及其生防效

果. 上海交通大学学报(农业科学版), 2017. 35(1): p. 15~21.

[40]傅俊范, 史会岩, 周如军, 严雪瑞, 石建华. 人参锈腐病生防细菌的分离筛选与鉴定. 吉林农业大学学报, 2010. 32(2): p. 136~139.

[41]金海强, 朴光一, 屈俊廷, 沈国娟, 李熙英. 解淀粉芽孢杆菌 Y-S-Y12 菌株对人参锈腐病的生防作用. 中国森林病虫, 2015. 34(2): p. 1~5.

[42]屈俊廷, 金海强, 沈国娟, 杨超博, 李熙英. 人参锈腐病生防用解淀粉芽孢杆菌 Y-S-Y12 菌株发酵条件的优化. 江苏农业科学, 2016. 44(3): p. 158~161.

[43]金海强, 李熙英. 人参锈腐病生防用拮抗细菌分离鉴定及机理初探. 延边硕士学位论文, 2013.

[44]姜云, 许鹏, 陈长卿, 田磊, 李桐, 张冠军, 尹望, 陈光. *Bacillus methylotrophicus* 菌株产抗菌蛋白性质及对人参锈腐病菌抑菌作用. 农药, 2013. 52(11): p. 835~838.

[45]孙卓, 杨利民. 人参锈腐病拮抗细菌的筛选鉴定. 中国农业大学学报, 2016. 21(2): p. 73~81.

[46]邓进超, 关一鸣, 吴连举, 张亚玉. 人参锈腐病菌拮抗菌的筛选、鉴定及发酵条件优化. 东北农业科学, 2017. 42(3): p. 31~38.

[47]张正杰, 韩金秀, 刘学周, 田义新, 张连学, 王泽, 林星辰. 内生菌株 B16 发酵条件优化及其对人参锈腐病的防效. 微生物学通报, 2017.

[48]孙卓, 杨利民. 人参锈腐病生防细菌的筛选及鉴定. 中国生物防治学报, 2015. 31(4): p. 536~542.

[49]孙卓, 杨立民. 人参病原菌拮抗细菌的分离筛选与鉴定. 植物保护学报, 2015. 42(1): p. 79~86.

[50]黄雅丽, 李凤珍. 人参根际微生物的研究、菌株的筛选及功能的测定. 微生物学杂志, 1990.

[51]杨阳, 何随成, 张丽. 生物有机肥对老参地的改良作用初报. 土壤肥料, 2002(6): p. 43.

[52]马凤茹. 人参病害的防治(一). 特产研究, 1988.

[53]马凤茹, 邢云章. “5406” 激抗剂防治人参锈腐病的研究. 特产研究, 1993.

[54] Young-Sook Kim, M.-S.L., Ji-Hee Yeom, Ja-Gyeong Song, In -Kyoung Lee, Woon -Hyung Yeo, Bong-Sik Yun. Screening of Antagonistic Bacteria for Biological control of Ginseng Root Rot. The Korean Journal of Mycology, 2012. 40(1): p. 44~48.

[55]马贵龙, 张阿桃, 王美英. 人参锈腐病拮抗放线菌筛选、形态及培养特征研究. 吉林农业大学学报, 2008. 30(5): p. 687~691.

[56]Shim Jae -Ouk, L.M. -W. Identification of Streptomyces species antagonistic to Fusarium solani or Cylindrocarpus destructans causing ginseng root rots. The Korean Journal of Mycology, 1991. 19(1): p. 66~73.

[57]Chung, Y.R., Kin, Hong Jin, Ohh, Seung Hwan, Park, Kyu Jin. Comparison of Rhizosphere Environments in Soils Suppressive and Conducive to Ginseng Root Rot. Research in Plant Disease, 1984.

[58]姜云, 陈长卿, 王琳, 马贵龙. 人参锈腐病拮抗放线菌的鉴定及发酵条件. 东北林业大学学报, 2011. 39(9): p. 101~104.

[59]史册, 韩梅, 张一鸣, 郭双双, 杨利民. 人参病原菌拮抗放线菌的分离筛选与鉴定. 生物技术通报, 2014(9): p. 102~108.

[60]赫荣琳, 马贵龙, 李玉. 人参锈腐病拮抗菌的筛选及鉴定. 吉农硕士学位论文, 2006.

[61]马廷会, 马贵龙. 人参锈腐病拮抗放线菌的筛选及鉴定. 吉农硕士学位论文, 2008.

[62]周淑香, 张连学, 鲁新, 李小雨, 李玉. 2 株放线菌对人参锈腐病的生物防治效果. 安徽农业科学, 2012. 40(2).

[63]张鸿雁, 刘勇, 任勇洋. 人参锈腐病及疫病生防放线菌筛选. 江苏农业科学, 2016. 44 (2): p. 173~176.

[64]翟一军, 徐霞, 廖晓兰. 拮抗细菌与其他生防因子复配防治植物病害研究进展. 微生物学杂志, 2012. 32(3): p. 72~75.

[65]李刚, 鄢洪海, 姜晓莉. EM 对西洋参锈腐病菌的抑菌作用. 吉林农业大学学报, 1998.

[66]李刚, 赵义涛, 姜晓莉, 李咏梅. EM 处理老参地对土壤养分转化影响的研究. 特产研究, 2001.

[67]张爱华, 雷锋杰, 强薇, 王壮, 周国兴, 张连学. 2 株拮抗菌剂复配对西洋参立枯病和锈腐病的防治及促生长作用. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2014. 40(6): p. 611~614.

[68]刘树良, 王宗林, 李学志, 张晓海, 付兴亮, 于训恕. 应用 11371 复合剂防治人参锈腐病的研究. 微生物学杂志, 1991.