

抗轮纹病苹果砧木‘烟砧一号’抗病机理初探

赵玲玲, 宋来庆, 李元军, 于青, 刘美英, 张振英, 姜中武*

(山东省烟台市农业科学研究院果树研究所, 山东烟台 265500)

摘要: 以选育出的抗苹果轮纹病砧木‘烟砧一号’为试材, 研究了‘烟砧一号’作高干中间砧对红富士苹果植物学特性、枝干和果实抗轮纹病的影响, 以及富士与‘烟砧一号’杂交后代对轮纹病的抗性分离情况。结果表明: ‘烟砧一号’作中间砧能明显降低富士枝干和果实轮纹病的发病率, 显著增加富士枝条的节间长度、髓部直径、木质部厚度, 显著降低枝条的枝皮率; 对枝条的皮孔密度、韧皮部厚度没有显著影响; ‘烟砧一号’作中间砧能显著提高富士叶片防御酶活性, 嫁接‘烟砧一号’中间砧的5年生富士的CAT、PAL、PPO、SOD和POD的酶活性分别是对照的2.05、1.88、1.91、1.07和1.44倍。富士与‘烟砧一号’杂交后代抗病个体占15.7%, 感病个体为84.3%。

关键词: 苹果; 苹果轮纹病; 砧木; 抗病性

中图分类号: S 661.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X(2010)02-0297-06

Studies on Breeding of ‘Yanzhen 1’ Apple Stock and Its Mechanism of Apple Rough Bark Disease Resistance

ZHAO Ling-ling, SONG Lai-qing, LI Yuan-jun, YU Qing, LIU Mei-ying, ZHANG Zhen-ying, and JIANG Zhong-wu*

(Fruit Institute, Yantai Academy of Agricultural Sciences, Yantai, Shandong 265500, China)

Abstract: The botanical properties and the effect on upper variety were studied in Yanzhen 1 as interstock of which was resistance to apple ring rot disease. The results showed that the upper variety of which using Yanzhen 1 as interstock could decrease the incidence of apple ring spot and apple ring rot. The internode length, diameter of trunk pith and thickness of xylem were increased, whereas ratio of bark of root and shoot decreased. The lenticel density and thickness of epidermal layers had not been affected. The activities of defend-related enzymes of Fuji were significantly enhanced. The CAT, PAL, PPO, SOD and POD enzymes activity of Fuji that of using Yanzhen 1 was 2.05, 1.88, 1.91, 1.07 and 1.44-fold compared with that of not using Yanzhen 1 as interstock. Among of hybrid seedlings between Fuji and Yanzhen 1, the rate of disease-resistant seedlings was 15.7%, and others was 84.3%.

Key words: apple; apple rough bark disease; stock; disease resistance

苹果轮纹病是苹果生产中一种非常重要的真菌病害。该病是由轮纹病菌 (*Botryosphaeria berengiana* f. sp. *piricola*) 侵染苹果枝干而引起。近年来在中国山东、辽宁、河北等苹果主产区发生

收稿日期: 2009-10-14; **修回日期:** 2009-12-30

基金项目: 国家公益性行业科研专项 (nyhyzx07-024); 国家现代苹果产业技术体系专项经费支持项目 (nycytx-08); 山东省农业良种工程重点课题项目

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: jiangzhongwu@163.com)

十分严重,给苹果产业发展造成巨大的经济损失(董鹃华和李保华,2009)。苹果轮纹病发病部位主要是主干和枝条,主干的发病情况最为严重,因此选育高抗苹果轮纹病的砧木或中间砧砧木尤为重要。到目前为止,国内外研究人员主要对轮纹病发病机理和预防技术进行了研究(沈永波等,2001;李广旭等,2005a,2005b;高艳敏等,2007),但尚未有抗轮纹病苹果砧木的选育报道。

‘烟砧一号’是由烟台市农业科学研究院果树研究所从‘鸡冠’自然杂交实生苗中选育而成,生产实践中发现用其作高干中间砧,能显著提高富士品种对苹果轮纹病的抗性,是高抗苹果轮纹病的宝贵资源。

本研究旨在探讨‘烟砧一号’作中间砧的抗病机制,分析‘烟砧一号’作高干中间砧对红富士苹果植物学特性、苹果轮纹病发病率以及叶片抗氧化酶活性等指标的影响,以期苹果抗轮纹病育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

轮纹病菌由烟台农业科学研究院保存。供试材料为5年生(2003年秋嫁接)和12年生(1996年秋嫁接)富士苹果树。嫁接方式分两种,一种为富士/烟砧一号/八棱海棠即八棱海棠为基础,‘烟砧一号’为中间砧,其上嫁接富士。另一种是富士/八棱海棠即八棱海棠为基础,直接嫁接富士。株行距3 m×4 m,供试品种的田间材料均在同一果园内,立地条件一致,土壤为壤土,常规管理。

1.2 枝条组织形态测定

取5年生两种不同嫁接方式的红富士2年生枝条,分别用直尺、游标卡尺测量枝条的节间长度、木质部厚度、髓部直径和表皮厚度。皮孔密度测定参照阎振立等(2005)的方法。枝皮率测定参照王兆顺等(2009)的方法。

1.3 苹果轮纹病调查

2007年9月田间调查富士主干、枝干和果实轮纹病的自然发病情况,每处理调查3~5株,每株调查20枝,重复3次。枝干病情分级和果实病情分级参照阎振立等(2005)的分级标准。根据调查结果计算枝干轮纹病病情指数,同时计算发病率作为辅助评价标准。枝干发病率(%)=(发病枝数/调查总枝数)×100。

1.4 防御酶活性测定

于2007年9月20日分别取5年生和12年生的两种嫁接方式的红富士树冠外围当年生枝条中部成熟叶片测定防御酶的活性。SOD、POD和CAT活性测定分别采用氮蓝四唑比色法、愈创木酚法和紫外吸收法(李合生,2000)。PAL活性测定参照高俊凤(2000)的方法。PPO活性测定参照朱广廉等(1990)的方法。

每处理重复3~5次。数据采用SPSS统计分析软件进行差异显著性分析,各数据均用平均值±标准差表示。

1.5 轮纹病菌孢子的培养及接种处理

2007年6月对杂交后代主干进行轮纹病菌接种,轮纹病菌孢子的培养及接种参照李广旭等(2005a)的方法。冬季调查接种植株主干轮纹病发病情况。

2 结果与分析

2.1 ‘烟砧一号’作中间砧对富士苹果枝条组织形态的影响

嫁接中间砧可以影响红富士的枝条解剖结构（李明哲 等，2006）。本试验结果（表 1）表明，嫁接‘烟砧一号’中间砧也能显著影响富士枝条的组织形态。嫁接‘烟砧一号’中间砧后，富士枝条的节间长度、髓部直径、木质部厚度显著高于没有嫁接‘烟砧一号’中间砧的富士/海棠，而枝条的枝皮率则显著低于富士/海棠。嫁接‘烟砧一号’中间砧对富士枝条的皮孔密度有所降低、表皮厚度有所增加，但没有显著差异。

表 1 ‘烟砧一号’中间砧对富士枝条组织形态的影响
Table 1 Effects of the Yanzhen 1 as interstock on budwood tissue of Fuji

处理 Treatment	节间长度/cm Internode length	皮孔密度/(个·cm ²) Lenticel density	枝皮率/% Ratio of bark of root and shoot	表皮厚度/cm Thickness of epidermal layers	髓部直径/cm Diameter of pith	木质部厚度/cm Thickness of xylem
富士/烟砧一号/海棠 Fuji/Yanzhen 1/ <i>Malus micromalus</i>	3.43±0.67a	12.4±3.42a	14.50±1.12b	0.11±0.01a	0.23±0.02a	0.71±0.09a
富士/海棠 Fuji / <i>M.micromalus</i>	2.82±0.39b	10.6±2.78a	16.42±1.27a	0.14±0.01a	0.16±0.01b	0.56±0.12b

注：表中数据均为 3 次重复的平均值。同列数据后不同小写字母表示在 5% 水平时差异显著（邓肯氏新复极差检验）。下同。

Note: The data are the average of the replicates. Value within a column followed by a different letter are significantly different at 5% probability level (Duncan's test). The same below.

2.2 ‘烟砧一号’作中间砧对富士品种枝干和果实轮纹病发病率的影响

调查嫁接‘烟砧一号’中间砧的 12 年生富士枝干轮纹病发病情况表明，以‘烟砧一号’中间砧为主干，其上均未发现感染轮纹病；并且嫁接在‘烟砧一号’上的富士枝干发病率也相对轻微，为 35.4%，病情指数为 22.9，平均发病等级为 0.46，表现为中抗/高抗苹果轮纹病；而未嫁接‘烟砧一号’中间砧的富士/海棠，主干由富士品种形成，其主干轮纹病发病率达到 100%，枝干轮纹病发病率也高达 94.7%，病情指数达到 82.1，平均发病等级为 2.89，表现为高度感病（表 2）。

对果实轮纹病发病率的调查表明，嫁接‘烟砧一号’中间砧的富士果实轮纹病果率仅为 3.1%，而没有嫁接‘烟砧一号’中间砧的轮纹病果率高达 15.87%（表 2），表明嫁接‘烟砧一号’中间砧能够显著降低富士枝干和果实轮纹病的发病率。

表 2 12 年生不同砧树类型富士枝干和果实轮纹病发病情况调查
Table 2 Study on the occurrence of Fungi-type apple rough bark disease of 12-year-old apple trees

处理 Treatment	主干发病率/% Incidence of body disease	枝干发病率/% Incidence of branch disease	病情指数 Index of disease condition	平均发病级 Average grade of disease condition	发病果数/总果 数 Diseased uits/Total	果实发病率/% The incidence of apple rough bark disease
富士/烟砧一号/海棠 Fuji/Yanzhen 1/ <i>Malus micromalus</i>	0	35.4±7.2b	22.9±4.9b	0.46±0.11b	12/384	3.1
富士/海棠 Fuji / <i>M.micromalus</i>	100	94.7±5.6a	82.1±8.2a	2.89±0.43a	60/378	15.87

2.3 ‘烟砧一号’作中间砧对富士苹果叶片抗氧化酶活性的影响

对感染苹果轮纹病菌的 5 年生和 12 年生的嫁接‘烟砧一号’中间砧和常规海棠砧富士叶片 SOD、CAT、PAL、PPO、POD 酶活性进行了测定。结果（表 3）表明：与富士/海棠组合相比，富士/烟砧一

号/海棠组合叶片的 5 种防御酶的活性显著提高,其中以 CAT、PAL 和 PPO 的增加幅度最大。嫁接‘烟砧一号’中间砧的 5 年生富士的 CAT、PAL 和 PPO 的酶活性分别是没有嫁接‘烟砧一号’的 2.05、1.88 和 1.91 倍。SOD 和 POD 也有所增加,分别是没有嫁接‘烟砧一号’的 1.07 和 1.44 倍;对 12 年生树叶片的测定结果与 5 年生树相似,但是富士/烟砧一号/海棠组合叶片的 POD 酶活性显著提高,达 50.75 U·h⁻¹·g⁻¹FW,是未嫁接‘烟砧一号’的 3.63 倍。

表 3 ‘烟砧一号’中间砧对感染轮纹病富士苹果抗氧化酶含量的影响
Table 3 Effects of the Yanzhen 1 as interstock on the activities of protective enzymes in the leaves of Fuji varieties after being inoculated by *Botryosphaeria berengiana* f. sp.

处理 Treatment	SOD/ (U·h ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)	CAT/ (△A ₂₄₀ ·min ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)	PAL/ (U·h ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)	PPO/ (U·h ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)	POD/ (U·h ⁻¹ ·g ⁻¹ FW)
5 年富士/烟砧一号/海棠 5-year-old Fuji/Yanzhen 1/ <i>M.micromalus</i>	82.8±4.8a	8.0±0.9b	258.8±10.2a	82.6±10.1a	15.9±1.2b
5 年富士/海棠 5-year-old Fuji / <i>M.micromalus</i>	77.1±3.5a	3.9±0.6c	137.6±11.5b	43.2±9.8b	11.0±0.9c
12 年富士/烟砧一号/海棠 12-year-old Fuji/Yanzhen 1/ <i>M.micromalus</i>	87.7±6.9a	11.0±0.7a	252.2±15.8a	87.5±12.3a	50.8±3.5a
12 年富士/海棠 12-year-old Fuji / <i>M.micromalus</i>	82.5±5.4a	5.0±0.4c	153.8±13.6b	50.8±8.6b	14.0±1.6bc

2.4 富士与‘烟砧一号’杂交后代植株接种轮纹病菌分离情况

2006 年春以富士为母本,抗轮纹病砧木‘烟砧一号’为父本进行杂交,获得了 1 306 株杂交后代群体植株。2007 年 6 月对 299 株杂交后代进行轮纹病菌接种,冬季调查接种植株的轮纹病发病情况(表 4)。结果表明,杂种群体的抗病性表现出极大的个体差异性,其中抗病个体 47 株占 15.7%,而感病个体 252 株占 84.3%,抗病植株与感病植株的比例约为 1 : 5。因此推断该性状可能由多数微效基因控制。

表 4 富士与‘烟砧一号’杂交后代轮纹病抗性分离分析
Table 4 Analysis of resistance to Fungi-type apple rough bark disease of F₁ generation between Fuji and Yanzhen 1

植株类型 Plant type	植株数量 Plant number	百分率/% Percentage
抗病植株 Resistance plant	47	15.7
感病植株 Susceptible plant	252	84.3
植株合计 Total	299	100

3 讨论

国内有关研究表明苹果轮纹病与枝条的组织结构紧密相关。苹果枝条皮孔是轮纹病菌最主要的侵入部位(李广旭 等, 2004, 2005b)。阎振立等(2005a)对 17 个苹果品种进行了苹果轮纹病抗性鉴定。得出苹果不同品种 1 年生枝条皮孔密度、大小与抗病性之间存在显著正相关,建议用枝条皮孔密度和大小作为抗病性的形态鉴定指标;而本试验结果显示以‘烟砧一号’作中间砧对富士枝条的皮孔密度没有显著的影响,这暗示嫁接‘烟砧一号’中间砧能够提高富士的抗病能力与轮纹病菌侵入途径——皮孔之间没有显著的关联。

SOD、POD 和 CAT 是活性氧清除系统的 3 种主要酶,能有效抑制活性氧自由基对机体的伤害,提高生物体抗逆能力(Bowler et al., 1992; 赵福庚 等, 2004)。李广旭等(2005a)研究了轮纹病菌对苹果不同抗性品种防御酶的影响,发现受轮纹病菌侵染后能够引起防御酶 PAL、SOD、POD、PPO 的增加,而且抗病性强的品种鸡冠的增加量明显高于感病品种富士。本研究结果表明,嫁接‘烟砧一

号’中间砧能显著提高富士的 SOD、CAT、PAL、PPO 和 POD 5 种防御酶的活性, 表明‘烟砧一号’作中间砧能够提高富士品种抗病的原因之一是提高了富士体内防御酶的活性。

木质素是植物细胞壁的组成成分之一, 导致细胞壁木栓化, 阻止病原菌侵染和发展蔓延。植物受病原菌侵染后能够引起植株体内木质素含量升高(骆桂芬 等, 1997; 程智慧 等, 2006; 檀根甲 等, 2007)。PAL 和 POD 与木质素的合成密切相关, POD 是木质素合成的关键酶之一(Bruce et al., 1989)。PAL 是莽草酸途径的关键酶和限速酶, 在木质素的积累、植保素和酚类物质的合成中起重要作用(Farkas & Stahmann, 1996; 李广旭 等, 2005a)。当植物被诱导后, PAL 活性增强与木质素含量增加存在相关性(王生荣和朱克恭, 2002)。本研究的结果发现与未嫁接‘烟砧一号’的富士相比, 嫁接‘烟砧一号’中间砧后能显著提高富士叶片的 POD 和 PAL 酶的活性, 而且 12 年生的富士/烟砧一号/海棠比 5 年生的叶片 POD 显著提高, 富士枝条木质部厚度也得到明显提高, 揭示‘烟砧一号’作中间砧能够提高富士品种抗病性的另一个重要的原因可能是加快了富士品种的木质素合成, 增加了木质部的厚度, 从而提高了富士对轮纹病的抗性。

富士系列品种是目前我国苹果生产上的主栽品种, 全国栽培面积占苹果总面积的 60.4%, 但是红富士系列品种对轮纹病高感, 目前生产上对轮纹病的防治措施主要是重刮皮和使用化学农药(高艳敏 等, 2006), 但是这些措施很难从根本上解决苹果轮纹病的发生。不同的苹果资源对轮纹病存在不同的抗性(李广旭 等, 2005a; 阎振立 等, 2005), 其中鸡冠为轮纹病的高抗品种(李广旭 等, 2005a)。

‘烟砧一号’是从鸡冠的自然杂交实生种中选育出来的, 经过在烟台地区多年田间对比试验观察到, 用其作高干中间砧与海棠和富士嫁接亲和力良好, 没有大小脚现象, 能显著降低富士枝干和果实的轮纹病发病率, 对嫁接在上面的品种叶片、果实大小、植株产量无显著影响(姜中武 等, 2007), 而且果实无异味, 是难得的抗轮纹病砧木资源, 适合在富士产区推广应用。

References

- Bruce R J, West C A. 1989. Elicitation of lignin biosynthesis and isoperoxidase activity by pectic fragments in suspension cultures castor bean. *Plant Physiol*, 91: 889 - 897.
- Bowler C, Montagu M V, Inze D. 1992. Superoxide dismutase and stress tolerance. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 43: 83 - 116.
- Cheng Zhi-hui, Li Yu-hong, Meng Huan-wen, Chen Peng, Du Hui-fang. 2006. The relationship between BTH-induced resistance to downy mildew in cucumber seedlings and content of HRGP and lignin in cell wall. *Scientia Agricultura Sinica*, 39(5): 935 - 940. (in Chinese)
- 程智慧, 李玉红, 孟焕文, 陈 鹏, 杜慧芳. 2006. BTH 诱导黄瓜幼苗对霜霉病的抗性 with 细胞壁 HRGP 和木质素含量的关系. *中国农业科学*, 39(5): 935 - 940.
- Dong Juan-hua, Li Bao-hua. 2009. Advances in research of apple ring rot disease. *Northern Fruits*, (1): 1 - 2. (in Chinese)
- 董鹃华, 李保华. 2009. 苹果轮纹病的研究进展. *北方果树*, (1): 1 - 2.
- Farkas G L, Stahmann A. 1996. On the nature of change in peroxidase isoenzymes in bean leave in tomato plants of south bean mosaic virus. *Hytopathology*, 56: 669 - 677.
- Gao Yan-min, Li Guang-xu, Shen Yong-bo, Wang Yi, Wang Jia-jun, Wang Bin, Ma Huai-yao. 2006. Suitable fungicides and their combination for control of apple fruit canker disease (*Physalospora piricola*). *Journal of Fruit Science*, 23(3): 401 - 405. (in Chinese)
- 高艳敏, 李广旭, 沈永波, 王 毅, 王佳军, 王 斌, 马怀尧. 2006. 苹果轮纹病药剂筛选与药剂配方. *果树学报*, 23(3): 401 - 405.
- Gao Yan-min, Shen Yong-bo, Zhang En-yao, Zhao Li-hui, Wang Jia-jun. 2007. Study on the occurrence rule and condition of Fungi type apple rough bark disease. *Journal Anhui Agri Sci*, 35(3): 751 - 754. (in Chinese)
- 高艳敏, 沈永波, 张恩尧, 赵立会, 王佳军. 2007. 苹果轮纹病发生规律及条件的研究. *安徽农业科学*, 35(3): 751 - 754.
- Gao Jun-feng. *Plant physiology experiment*. 2000. Xi'an: World Publishing Corporation: 194 - 196. (in Chinese)
- 高俊凤. 2000. 植物生理学实验技术. 西安: 世界图书出版公司: 194 - 196.

- Jiang Zhong-wu, Li Yuan-jun, Liu Mei-ying, Yu Qing, Song Lai-qing. 2007. Study on resistant apple ring rot disease of YZ inter rootstock // Shu H R, Han Z H. Proceedings of the second international symposium on apple production. Beijing: China Agricultural University Press: 69 - 75. (in Chinese)
- 姜中武, 李元军, 刘美英, 于 青, 宋来庆. 2007. 高抗苹果轮纹病 YZ 中间砧的抗病性研究 // 束怀瑞, 韩振海. 果树科研进展——第二届国际苹果学术研讨会论文集. 北京: 中国农业大学出版社: 69 - 75.
- Li Guang-xu, Yang Hua, Gao Yan-min, Gao Sheng-hua, Zhang Zhi-dong. 2005a. Effects of *Botryosphaeria berebgiana* f.sp *piricola* on defendant enzymes in apple cultivars with different resistance. Journal of fruit science, 22(4): 416 - 418. (in Chinese)
- 李广旭, 杨 华, 高艳敏, 高胜华, 张志东. 2005a. 轮纹病菌对不同抗性苹果品种防御酶的影响. 果树学报, 22(4): 416 - 418.
- Li Guang-xu, Gao Yan-min, Yang Hua, Liu Xiu-chun, Sun Ling-jun, Wang Jia-jun. 2005b. Observation of infection approach of *Botryosphaeria berebgiana* f.sp *piricola* on apple stem under scanning electron microscope. Journal of fruit science, 22(2): 169 - 171. (in Chinese)
- 李广旭, 高艳敏, 杨 华, 刘秀春, 孙凌俊, 王佳军. 2005b. 轮纹病菌在苹果枝干上侵入途径的扫描电镜观察. 果树学报, 22(2): 169 - 171.
- Li Guang-xu, Sheng Yong-bo, Gao Yan-min, Li Xing-chao, Gao Sheng-hua, Wang Jia-jun, Sun Ling-jun. 2004. Study on the relationship between lenticel tissue structure and density and the occurrence of apple rough bark disease. Journal of Fruit Science, 21(4): 351 - 354. (in Chinese)
- 李广旭, 沈永波, 高艳敏, 李兴超, 高胜华, 王佳军, 孙凌俊. 2004. 皮孔组织结构及密度与苹果枝干粗皮病发生的关系. 果树学报, 21(4): 351 - 354.
- Li He-sheng. 2000. Experimental principles and technology of plant physiology and biochemical. Beijing: High Education Press: 164 - 169. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 164 - 169.
- Li Ming-zhe, Gao Hui-min, Jiao Yong-gang. 2006. Effects of different kinds of interstock on the anatomical construction of apple branches (Red Fuji). Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 21(Supplement): 160 - 162. (in Chinese)
- 李明哲, 高慧敏, 焦永刚. 2006. 不同矮化中间砧对红富士苹果枝条解剖结构的影响. 华北农学报, 21(增刊): 160 - 162.
- Luo Gui-fen, Cui Jun-tao, Zhang Li, Gao Yu-fang. 1997. Relationship between sugar, lignin content and resistance to downy mildew of cucumber. Acta Phytopathologica Sinica, 27(1): 65 - 69. (in Chinese)
- 骆桂芬, 崔俊涛, 张 莉, 高郁芳. 1997. 黄瓜叶片中糖和木质素含量与霜霉病诱导抗性的关系. 植物病理学报, 27(1): 65 - 69.
- Shen Yong-bo, Gao Yan-min, Yang Wei, Gao Li-hong, Ma Gui-jun. 2001. Observation and study on two types of Rough bark symptoms on apple stem. Journal of Shandong Agricultural University, 32(4): 508 - 512. (in Chinese)
- 沈永波, 高艳敏, 杨 巍, 高丽红, 马贵军. 2001. 苹果粗皮病两种枝干症状的观察与研究. 山东农业大学学报, 32(4): 508 - 512.
- Tan Gen-jia, Li Zeng-zhi, Xue Lian. 2007. Relationship between contents of some biochemical substance in apple (*Malus domestica* Borkh.) fruits and their resistance to apple anthracnose caused by *Colletotrichum gluoeosporioides* (Penz.) Penz. et sacc. Plant Physiology Communication, 43(5): 857 - 860. (in Chinese)
- 檀根甲, 李增智, 薛 莲. 2007. 苹果果实中几种生化物质的含量与抗采后炭疽病的关系. 植物生理学通讯, 43(5): 857 - 860.
- Wang Sheng-rong, Zhu Ke-gong. 2002. Advances of research on systemic acquired resistance in plant. Chinese Journal of Eco-agriculture, 10(2): 32 - 35. (in Chinese)
- 王生荣, 朱克恭. 2002. 植物系统获得抗病性研究进展. 中国生态农业学报, 10(2): 32 - 35.
- Wang Zhao-shun, Zhao Qing, Du Yuan-peng, Zhai Heng. 2009. Substance character of root system of different varieties and their relationship with phylloxera resistance. Sino-overseas Grapewine & Wine, 1: 12 - 17. (in Chinese)
- 王兆顺, 赵 青, 杜远鹏, 翟 衡. 2009. 不同类型葡萄的根系结构物质特征与抗根瘤蚜的关系. 中外葡萄与葡萄酒, 1: 12 - 17.
- Yan Zhen-li, Zhang Quan-jun, Zhang Shun-ni, Zhou Zeng-qiang, Guo Guo-nan, Wang Zhi-qiang. 2005. Identification of apple cultivars for their resistance to ring rot disease. Journal of Fruit Science, 22(6): 654 - 657. (in Chinese)
- 阎振立, 张全军, 张顺妮, 周增强, 过国南, 王志强. 2005. 苹果品种对轮纹病抗性的鉴定. 果树学报, 22(6): 654 - 657.
- Zhao Fu-geng, He Long-fei, Luo Qing-yun. 2004. Plant physiology and ecology in adversity stress. Beijing: Chemical Industry Press: 93 - 99. (in Chinese)
- 赵福庚, 何龙飞, 罗庆云. 2004. 植物逆境生理生态学. 北京: 化学工业出版社: 93 - 99.
- Zhu Guang-lian, Zhong Hui-wen, Zhang Ai-qin. 1990. Plant physiology experiment. Beijing: Peking University Press: 37 - 40. (in Chinese)
- 朱广廉, 钟海文, 张爱琴. 1990. 植物生理学实验. 北京: 北京大学出版社: 37 - 40.