

# 嫁接对茄子根际土壤微生物和叶片硝酸还原酶的影响

周宝利<sup>1\*</sup>, 尹玉玲<sup>1</sup>, 徐妍<sup>1</sup>, 韩璐<sup>1</sup>, 叶雪凌<sup>1</sup>, 白丽萍<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110866; <sup>2</sup>沈阳农业大学生物科学技术学院, 沈阳 110866)

**摘要:** 以野生茄‘托鲁巴姆’(*Solanum torvum*)为砧木, 茄子(*S. melongena*)‘西安绿茄’品种为接穗, 研究了嫁接茄根际土壤微生物生理类群和土壤水解酶活性及叶片硝酸还原酶活性的动态变化特点, 分析了嫁接茄根际土壤微生物生理类群和土壤水解酶与叶片硝酸还原酶活性的关系, 探讨了嫁接提高茄子氮素转化和吸收与土壤生物活性的关系。结果表明: 嫁接茄根际土壤微生物生理类群和土壤水解酶活性均较自根茄有增加的趋势。但不同发育时期也有一定的变化。嫁接茄叶片硝酸还原酶活性随着生育均表现出逐渐增加的趋势, 且显著高于自根处理。嫁接茄的固氮菌、硝化细菌和脲酶与其叶片硝酸还原酶活性均呈显著或极显著正相关。总体上看, 嫁接显著增加了茄子根际土壤固氮菌、硝化细菌和脲酶活性, 嫁接茄株也表现出较高的硝酸还原酶活性。

**关键词:** 嫁接; 茄子; 硝酸还原酶; 根际微生物; 土壤酶

中图分类号: S 641.1 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2010) 01-0053-06

## Effect of Grafting on Rhizospheric Soil Microorganisms and Leaf NR Activities of Eggplants

ZHOU Bao-li<sup>1\*</sup>, YIN Yu-ling<sup>1</sup>, XU Yan<sup>1</sup>, HAN Lu<sup>1</sup>, YE Xue-ling<sup>1</sup>, and BA LI ping<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China; <sup>2</sup>College of Biological Science and Technology, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

**Abstract:** The commonly grown eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivar Xi'an Lüjie was used as scion. It was grafted with a wild eggplant rootstock (*Solanum torvum*). Dynamic characteristics in microbe physiological groups, hydrolase activity in rhizospheric soil and nitrate reductase (NR) activity of grafted eggplant leaves were studied. The relationships between microbial physiological groups, hydrolase activity in rhizospheric soil and leaves nitrate reductase (NR) activity were indicated. The relationship between nitrogen absorption and soil biological activities of grafted eggplants was discussed. Results showed that rhizospheric soil microbial physiological groups and hydrolase activity in grafted eggplants were higher in grafted eggplants than in self-rooted eggplants. However, these trends changed with different plant ages. The Leaves NR activity was increased with the plants ages and significant higher in grafted eggplants than in self-rooted eggplants. There were significant positive correlations between azotobacteria, nitrifying bacteria and urease activity in grafted eggplants. In conclusion, grafting increased the numbers of azotobacteria and nitrifying bacteria, urease activity in rhizospheric soil and NR in eggplant leaves.

**Key words:** grafting; eggplants; NR; rhizospheric microbia; soil enzyme

收稿日期: 2009-07-21; 修回日期: 2009-12-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771469); 国家科技支撑计划重点项目(2008BADAB02); 辽宁省教育厅高等学校创新团队项目(2006T118)

\* E-mail: zbla@163.com

随着设施栽培的发展，茄子连作普遍，使得土壤病原微生物和自毒物质积累，连作障碍严重发生，茄子表现出植株长势弱并容易感病，影响了茄子的正常生产。嫁接作为克服茄子连作障碍的一项重要栽培措施，使茄子长势旺盛，根系发达，产量增加，抗病性几乎达到免疫水平，已在生产上大面积应用（周宝利和姜荷，2001）。已有研究表明连作能够引起土壤微生物种群结构失衡。而嫁接则改变了茄子根际土壤微生物种群结构，诱导了拮抗菌的产生（尹玉玲等，2008）。李云鹏等（2007）的研究表明，嫁接提高了茄子根际土壤氧化还原酶活性，且与茄子抗病性有密切关系。众所周知，土壤微生物生理类群固氮菌、氨化细菌和硝化细菌及土壤水解酶类在土壤氮素固定与转化上具有十分重要的作用，酶的活性变化可以改变养分的利用效率（许光辉和郑洪元，1986；Nelson & Elisa, 2000）。植物体内硝酸还原酶活性的高低，也直接影响到土壤中氮的利用效率，从而影响作物的产量和品质。嫁接在改变茄子根际土壤微生物3大种群数量的同时必然会引起生理菌群的变化，这些变化在植株对氮素的利用上也会产生影响。因此，本试验中研究了嫁接后茄子不同发育时期根际土壤微生物生理菌群和土壤酶的变化特点及对植株氮素代谢有关的硝酸还原酶活性的影响，探讨嫁接改善茄子根际土壤生理类群和水解酶与叶片氮素代谢的关系。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于2008年在沈阳农业大学蔬菜基地日光温室内进行。2008年1月18日播种砧木野生茄‘托鲁巴姆’（*Solanum torvum*），2月12日播种接穗茄子‘西安绿茄’（*S. melongena*），当砧木苗长至4~5片真叶时采用劈接法进行嫁接处理，以砧木和接穗自根处理为对照。嫁接苗成活后，将嫁接茄及托鲁巴姆和西安绿茄自根茄定植于温室茄子连作土壤圃中，每处理20株，采用随机区组设计，3次重复。所有供试品种均由沈阳农业大学园艺学院提供。

### 1.2 试验方法

分别于蕾期、花期、初果期和盛果期的9:00—10:00取样，进行叶片硝酸还原酶活性、土壤微生物及土壤酶的测定，每小区选取3株，取新鲜叶片测定硝酸还原酶活性。取土方法：先将2cm表土轻轻除去，再挖出全部根系，抖落大土块后将附着于根系上的细土抖落至干净取样袋中，风干后过1mm筛保存，用于测定土壤酶活性。抖落后的植株根系用于测定微生物生理类群数量。

### 1.3 土壤微生物数量测定

采用土壤稀释法进行土壤微生物分离培养，固氮菌采用阿须贝无氮培养基，计数采用稀释涂抹平板法，氨化细菌采用蛋白胨氨化培养基，硝酸细菌采用亚硝酸盐培养基，测定采用最大或然计数法（MPN）（许光辉和郑洪元，1986）。

### 1.4 根际土壤酶活性测定

转化酶活性测定用硫代硫酸钠滴定法，以24 h后1g土消耗的0.1 mol·L<sup>-1</sup>硫代硫酸钠的毫升数表示；蛋白酶活性测定用茚三酮比色法，以24 h后1g土壤酶促反应生成的NH<sub>2</sub>-N毫克数表示；磷酸酶活性测定用磷酸苯二钠比色法，以24 h后100 g土壤酶促反应生成的酚的毫克数表示；脲酶活性测定用靛酚蓝比色法，以24 h后100 g土壤酶促反应生成的NH<sub>3</sub>-N的毫克数表示（许光辉和郑洪元，1986）。

### 1.5 叶片硝酸还原酶测定

叶片硝酸还原酶活性测定采用磺胺比色法，以每小时每克鲜样质量产生的NO<sub>2</sub><sup>-</sup>毫克数表示（郝建军和刘延吉，2001）。

## 2 结果与分析

### 2.1 嫁接对茄子根际微生物生理种群的影响

由表 1 可以看出，不同生育时期各处理根际生理类群数量有一定差异。蕾期，嫁接处理根际固氮菌、氨化细菌和硝化细菌数量与自根处理差异不显著，而砧木处理固氮菌和硝化细菌数量均显著高于其它处理。花期，除氨化细菌外，嫁接处理根际固氮菌、硝化细菌数量均较自根处理减少；氨化细菌较自根处理增加。初果期和盛果期，嫁接处理根际各微生物生理种群也高于自根处理，固氮菌量差异达到显著水平，砧木处理在盛果期各生理类群数量则均显著高于其它处理。总之，嫁接增加了茄子根际微生物生理类群的数量，而砧木处理则表现出较强的优势。

表 1 嫁接对茄子根际微生物生理类群的影响

Table 1 Effect of grafting on microbial physiological groups in rhizospheric soil of eggplants / ( $\times 10^6 \text{ cfu} \cdot \text{g}^{-1}$ )

时期 Stage	处理 Treatment	固氮菌 Azotobacteria	氨化细菌 Amonifying bacteria	硝化细菌 Nitrifying bacteria
蕾期 Flower budding stage	嫁接 Grafting	8.83 bB	11.42 aA	2.10 bB
	砧木 Rootstock	15.83 aA	8.61 aA	5.80 aA
	自根 Self-root	8.69 bB	8.66 aA	2.65 bB
花期 Florescence	嫁接 Grafting	9.64 bB	14.10 aA	6.25 aA
	砧木 Rootstock	23.75 aA	13.75 aA	9.38 aA
	自根 Self-root	9.80 bB	12.00 aA	7.00 aA
初果期 Early fruit stage	嫁接 Grafting	22.95 bB	20.46 aA	14.77 abAB
	砧木 Rootstock	44.91 aA	16.67 aAB	20.37 aA
	自根 Self-root	13.13 bB	12.50 bB	10.00 bB
盛果期 Advanced stage of fruit	嫁接 Grafting	30.50 aA	15.00 bB	17.50 bB
	砧木 Rootstock	31.41 aA	37.50 aA	28.13 aA
	自根 Self-root	8.58 bB	10.00 bB	11.67 bB

注：a 和 A 分别表示处理之间存在 0.05 和 0.01 水平显著性差异。下同。

Note: a and A mean differences in treatments at 0.05 and 0.01 levels respectively. The same below.

### 2.2 嫁接对茄子根际土壤水解酶活性的影响

由表 2 可见，总体上，嫁接增加了茄子根际土壤酶的活性。蕾期，各土壤酶活性嫁接处理均高于自根处理，蛋白酶达到了极显著水平；砧木处理除磷酸酶外土壤酶活性也均高于自根处理。花期，嫁接处理转化酶和脲酶活性高于自根处理，脲酶达到显著水平。初果期，除磷酸酶外嫁接处理土壤酶活性均高于自根处理，蛋白酶和脲酶与自根处理差异达到显著水平；砧木处理脲酶活性极显著高于其它处理。盛果期，砧木处理和嫁接处理转化酶活性均高于自根处理，达到显著水平；砧木处理脲酶活性极显著高于嫁接和自根处理。其他差异不显著。

表 2 嫁接对茄子根际土壤水解酶活性的影响

Table 2 Effect of grafting on hydrolase activity in the rhizospheric soil of eggplants

时期 Stage	处理 Treatment	转化酶 Invertase	蛋白酶 Protease	磷酸酶 Phosphatase	脲酶 Urease
蕾期 Flower budding stage	嫁接 Grafting	5.17 abA	512.77 aA	92.62 aA	5 522.97 bA
	砧木 Rootstock	6.33 aA	540.10 aA	75.49 bA	6 394.58 aA
	自根 Self-root	2.00 bA	417.77 bB	87.72 aA	5 416.96 bA
花期 Florescence	嫁接 Grafting	9.00 aA	353.43 bB	122.59 aA	10 564.19 aA
	砧木 Rootstock	9.42 aA	392.10 bB	101.79 aA	7 148.41 bB
	自根 Self-root	2.50 bA	698.43 aA	117.69 aA	6 795.05 bB
初果期 Early fruit stage	嫁接 Grafting	7.67 aA	685.43 aA	112.19 aA	9 527.68 bB
	砧木 Rootstock	8.17 aA	359.77 bB	114.03 aA	13 131.92 aA
	自根 Self-root	6.33 aA	336.77 bB	121.98 aA	6 371.02 cC
盛果期 Advanced stage of fruit	嫁接 Grafting	8.00 bA	338.10 aA	78.55 aA	12 802.12 aA
	砧木 Rootstock	9.67 aA	416.77 aA	80.38 aA	12 849.24 bB
	自根 Self-root	3.50 cB	368.10 aA	74.88 aA	7 077.74 aA

### 2.3 嫁接对茄子叶片硝酸还原酶活性的影响

由表3可以看出，随植株发育，各处理叶片硝酸还原酶活性均呈上升趋势，各时期硝酸还原酶活性均表现出砧木处理>嫁接处理>自根处理，而且砧木处理极显著高于其它处理，在蕾期嫁接处理较自根处理相差幅度不大，但到花期和初果期差异达到极显著水平。

表3 嫁接对茄子叶片硝酸还原酶活性的影响

Table 3 Effect of grafting on NR activity of eggplant leaves

/ ( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$  FW)

处理 Treatment	蕾期 Flower budding stage	花期 Florescence	初果期 Early fruit stage	盛果期 Advanced stage of fruit
嫁接 Grafting	5 356.43 bB	10 617.60 bB	11 820.04 bB	18 294.12 abA
砧木 Rootstock	13 959.25 aA	17 048.06 aA	23 137.02 aA	21 410.09 aA
自根 Self-root	4 039.57 bB	6 916.88 cC	7 425.36 cC	14 865.55 bA

### 2.4 叶片硝酸还原酶与根际土壤微生物、土壤酶的相关性分析

由表4可见，除蛋白酶和磷酸酶外，嫁接处理的土壤生物因子与其叶片硝酸还原酶呈正相关，其中，嫁接处理根际土壤固氮菌、硝化细菌数量和脲酶活性与叶片的硝酸还原酶活性呈显著或极显著的正相关，相关系数达到0.89以上，说明嫁接处理根际土壤这些生物因子的变化与其叶片氮素代谢密切相关。砧木处理除蛋白酶外，各因子与叶片硝酸还原酶呈正相关，固氮菌和脲酶呈显著或极显著正相关。而自根处理只有脲酶与其叶片硝酸还原酶达到显著相关，且低于嫁接处理与砧木处理。

表4 叶片硝酸还原酶与根际土壤微生物、土壤酶的相关系数

Table 4 The correlation between leaves NR and rhizosphere soil microbe, soil enzyme activities

处理 Treatment	固氮菌 Azotobacteria	氨化细菌 Amonifying bacteria	硝化细菌 Nitrifying bacteria	转化酶 Invertase	蛋白酶 Protease	磷酸酶 Phosphatase	脲酶 Urease
嫁接 Grafting	0.89*	0.56	0.91*	0.63	- 0.44	- 0.37	0.96**
砧木 Rootstock	0.96*	0.56	0.87	0.55	- 0.81	0.56	0.97**
自根 Self-root	- 0.46	0.13	0.85	0.20	- 0.28	- 0.49	0.88*

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

## 3 讨论

嫁接换根增加了茄子根际土壤微生物生理类群和土壤酶活性，提高了土壤生态系统中物质的转化及养分的有效性，尤其提高了氮素的转化能力，植株叶片也表现出较高的硝酸还原酶活性，提高了茄子植株的氮代谢水平。而嫁接茄子根际土壤中固氮菌、硝化细菌数量和脲酶活性与叶片氮素代谢相关酶存在着显著的相关性。这说明嫁接对茄子根际生物环境的改善与嫁接茄子呈现出长势旺盛和抗病增产是密不可分的。

土壤微生物生理菌群在生物物质循环过程中完成对有机物质的分解，体现出代谢的多样性，对于维持土壤肥力，改善土壤质量具有很大的作用，对生理菌群的分析可以反映出不同条件下土壤的质量状况，并且在一定程度上反映土壤肥力、物质转化和环境的变化（杨万勤和王开运，2002；张咏梅等，2004）。固氮菌、氨化细菌与硝化细菌都是参与土壤元素循环的有益微生物生理群。它们提高了土壤养分可利用率，尤其是提高了土壤中N的有效性。有研究表明杨树人工林连作土壤酚酸物质的积累对土壤真菌、放线菌、氨化细菌和纤维素分解菌表现为抑制作用（谭秀梅等，2008）。连作也降低大豆根际氨氧化细菌、好气性自生固氮菌和好气性纤维素分解菌数量，而轮作或休闲则提高了大豆根际土壤生理菌群的数量（刘新晶等，2007）。本课题组王茹华等（2005）研究发现嫁接增加了

连作茄子根际土壤细菌数量，改善土壤环境，植株长势旺盛。在该研究基础上，本试验中进一步发现嫁接使连作根际土壤细菌中具有生理功能的固氮菌和硝化细菌数量增加，说明嫁接增加茄子根际土壤细菌数量的同时，也增加了细菌生理菌群的数量，改善了土壤生理功能性微生物的状况。

土壤酶参与有机质的分解和腐殖质的形成，反映土壤养分的转化能力，可以作为衡量土壤生物学活性和土壤生产力的指标（Dick et al., 2000; Aon et al., 2001）。其中，水解酶在土壤生物动力学中是最有意义的，对丰富土壤中能被植物和微生物利用的可溶性营养物质起着重要作用。土壤酶活性与土壤C、N、P、S等养分元素的转换密切相关（Benitez et al., 2000）。马云华等（2005）研究证明随着温室连作年限的增加，土壤水解酶活性呈现出下降的趋势。轮作苹果与连作作物的果园相比，土壤酶（脲酶、中性磷酸酶、转化酶）的活性显著增加，细菌的数量明显增加，真菌的数量则明显减少（肖宏和于明革，2006）。杨丽娟等（2000）研究的菜园地土壤中性磷酸酶、过氧化氢酶、转化酶和脲酶活性与黄瓜产量呈显著或极显著正相关。本试验研究表明连作使茄子土壤水解酶活性也呈下降的趋势，而嫁接增加了茄子连作土壤转化酶、蛋白酶和脲酶活性，但对磷酸酶的影响不大。说明嫁接能够提高连作茄子根际土壤酶活性，改善土壤微生态环境，而嫁接茄呈现增产的特点。

硝酸还原酶的活性决定了硝态氮的代谢速度，硝酸还原酶活性的高低对整个氮代谢的强弱起关键作用（刘丽等，2004），且与土壤氮素营养状况密切相关。有研究表明硝酸还原酶活性直接影响大豆叶片氮素积累（张磊等，2008）。还有研究表明土壤氮素的增加提高了小麦叶片硝酸还原酶活性，且在一定程度呈显著正相关（郭战玲等，2008）。本研究表明嫁接增加了茄子叶片硝酸还原酶活性，并随取样时期呈逐渐增加的趋势。嫁接茄土壤微生物生理类群和土壤水解酶与植株叶片硝酸还原酶相关性分析表明，嫁接茄根际土壤固氮菌、硝化细菌数量和脲酶活性与叶片的硝酸还原酶活性呈显著或极显著的正相关。但本文仅通过土壤生理类群和水解酶间接地说明了嫁接提高了茄子对土壤环境物质的转化能力，而对茄子植株吸收和利用土壤养分的直接影响，还有待进一步研究。

## References

- Aon M A, Cabello M N, Sarena D E. 2001. Spatiotemporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 18: 239 - 254.
- Benitez E, Melgar R, Sainz H, Gomez M, Nogales R. 2000. Enzyme activities in the rhizosphere of pepper (*Capsicum annuum L.*) grown with olive cake mulches. *Soil Biology and Biochemistry*, 32 (13): 1829 - 1835.
- Dick W A, Cheng L, Wang P. 2000. Soil acid and alkaling phosphatase activity as pH adjustment indicators. *Soil Biology and Biochemistry*, 32: 1915 - 1919.
- Guo Zhan-ling, Shen A-lin, Kou Chang-lin, Ma Zheng-hua, Wang Shou-gang. 2008. The relationship between NRA and nitrogen efficiency of different wheat varieties after flowering. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 5: 219 - 224. (in Chinese)
- 郭战玲, 沈阿林, 寇长林, 马政华, 王守刚. 2008. 不同小麦品种开花后硝酸还原酶活性与氮效率的关系. 中国农学通报, 5: 219 - 224.
- Hao Jian-jun, Liu Yan-ji. 2001. *Plant physiology experimental technique*. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press. 64 - 67. (in Chinese)
- 郝建军, 刘延吉. 2001. 植物生理学实验技术. 沈阳: 辽宁科学技术出版社: 64 - 67.
- Li Yun-peng, Zhou Bao-li, Li Zhi-pu, Yin Yu-ling, Jiang Ling-ling, Fu Ya-wen. 2007. Relationships between grafted eggplant's *Verticillium wilt* resistance and rhizosphere soil biological activity. *Chinese Journal of Ecology*, 26 (6): 831 - 834. (in Chinese)
- 李云鹏, 周宝利, 李之璞, 尹玉玲, 姜玲玲, 付亚文. 2007. 嫁接茄的黄萎病抗性与根际土壤生物学活性的关系. 生态学杂志, 26 (6): 831 - 834.
- Liu Li, Gan Zhi-jun, Wang Xian-ze. 2004. Advances of studies on the regulation of nitrate metabolism of plants at nitrate reductase level. *Acta Botany Boreal-Occident Sinica*, 24 (7): 1355 - 1361. (in Chinese)
- 刘丽, 甘志军, 王宪泽. 2004. 植物氮代谢硝酸还原酶水平调控机制的研究进展. 西北植物学报, 24 (7): 1355 - 1361.
- Liu Xin-jing, Xu Yan-li, Li Chun-jie, Meng Qing-jie. 2007. Effect of soybean rotation system on the bacterial physiological groups. *Soybean Sci*

- ence, 26 (5): 723 - 727. (in Chinese)
- 刘新晶, 许艳丽, 李春杰, 孟庆杰. 2007. 大豆轮作系统对土壤细菌生理菌群的影响. 大豆科学, 26 (5): 723 - 727.
- Ma Yun-hua, Wang Xiu-feng, Wei Min, Qi Yan-feng, Li Tian-lai 2005. Accumulation of phenolic acids in continuously cropped cucumber soil and their effects on soil microbes and enzyme activities. Chinese Journal of Applied Ecology, 16 (11): 2149 - 2153. (in Chinese)
- 马云华, 王秀峰, 魏珉, 亓延凤, 李天来. 2005. 黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响. 应用生态学报, 16 (11): 2149 - 2153.
- Nelson D, Elisa E 2000. Potential applications of oxidative enzymes and phenoloxidase-like compounds in waste water and soil treatment: A review. Applied Catalysis B: Environmental, 28: 83 - 99.
- Tan Xiumei, Wang Hua-tian, Kong Ling-gang, Wang Yan-ping 2008. Accumulation of phenolic acids in soil of a continuous cropping poplar plantation and their effects on soil microbes. Journal of Shandong University: Natural Science, 43 (1): 14 - 19. (in Chinese)
- 谭秀梅, 王华田, 孔令刚, 王延平. 2008. 杨树人工林连作土壤中酚酸积累规律及对土壤微生物的影响. 山东大学学报: 理学版, 43 (1): 14 - 19.
- Wang Ru-hua, Zhou Bao-li, Zhang Qifa, Zhang Feng-li, Fu Ya-wen 2005. Effects of grafting on rhizosphere microbial populations of eggplants. Acta Horticulturae Sinica, 32 (1): 124 - 126. (in Chinese)
- 王茹华, 周宝利, 张启发, 张凤丽, 付亚文. 2005. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响. 园艺学报, 32 (1): 124 - 126.
- Xiao Hong, Yu Ming-ge 2006. Accumulation of phenolic acids in continuously cropped cucumber soil and their effects on soil microbes and enzyme activities. Shanxi Fruits, 4 (1): 5 - 6. (in Chinese)
- 肖宏, 于明革. 2006. 不同连作苹果园土壤酶活性及微生物状况的调查研究. 山西果树, 4 (1): 5 - 6.
- Xu Guang-hui, Zheng Hong-yuan 1986. Analysis methods manual of soil microorganism. Beijing: Agriculture Press (in Chinese)
- 许光辉, 郑洪元. 1986. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社.
- Yang Li-juan, Xu Hui, Qiu Zhong-xiang, Liu Yong-qing 2000. Relationship between activities of enzyme and cucumber yield in vegetable soil. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 6 (1): 113 - 116. (in Chinese)
- 杨丽娟, 须晖, 邱忠祥, 刘永青. 2000. 菜田土壤酶活性与黄瓜产量的关系. 植物营养与肥料学报, 6 (1): 113 - 116.
- Yang Wan-qin, Wang Kai-yun 2002. Advances on soil enzymology. Chinese Journal Applied Environmental Biology, 8 (5): 564 - 570. (in Chinese)
- 杨万勤, 王开运. 2002. 土壤酶研究动态与展望. 应用与环境生物学报, 8 (5): 564 - 570.
- Yin Yu-ling, Zhou Bao-li, Li Yun-peng, Fu Ya-wen 2008. Allelopathic effect of grafting on rhizosphere microorganisms population of eggplants. Acta Horticulturae Sinica, 35 (8): 1131 - 1136. (in Chinese)
- 尹玉玲, 周宝利, 李云鹏, 付亚文. 2008. 嫁接对茄子根际土壤微生物种群的化感效应, 园艺学报, 35 (8): 1131 - 1136.
- Zhang Lei, Song Qiu-lai, Ma Chunmei, Dong Shou-kun, Gong Zhen-ping 2008. Study on dynamics of nitrate reductase activity in soybean leaves. Journal of Northeast Agricultural University, 39 (6): 73 - 76. (in Chinese)
- 张磊, 宋秋来, 马春梅, 董守坤, 龚振平. 2008. 大豆叶片硝酸还原酶活性动态研究. 东北农业大学学报, 39 (6): 73 - 76.
- Zhang Yong-mei, Zhou Gou-yi, Wu Ning 2004. A review of studies on soil enzymology. Journal of Tropical and Subtropical Botany, 12 (1): 83 - 90. (in Chinese)
- 张咏梅, 周国逸, 吴宁. 2004. 土壤酶学的研究进展. 热带亚热带植物学报, 12 (1): 83 - 90.
- Zhou Bao-li, Jiang He 2001. The progress on cultural effect and disease resistance and increase yield mechanism of grafted eggplants. China Vegetables, 4: 52 - 54. (in Chinese)
- 周宝利, 姜荷. 2001. 茄子嫁接栽培效果和抗病增产机制的研究进展. 中国蔬菜, 4: 52 - 54.