

缺磷对长豇豆幼苗 ZRs 含量的影响

Effects of Phosphorus-deficiency Stress on ZRs Contents in Asparagus Bean Seedlings

刘厚诚¹ 邝炎华² 陈日远¹

Liu Houcheng¹ Kuang Yanhua² Chen Riyuan¹

(1. 华南农业大学园艺学院 广东广州 510642; 2. 华南农业大学生命科学学院 广东广州 510642)

(1. College of Horticulture, South China Agricultural Univ., Guangzhou, Guangdong, 510642, China;

2. College of Life Science, South China Agricultural Univ., Guangzhou, Guangdong, 510642, China)

摘要 为了研究耐缺磷程度不同的3种长豇豆幼苗在缺磷胁迫下ZRs含量的变化, 选用耐缺磷程度不同的长豇豆品种: 芦花白、香港青和二芦白的幼苗作为材料, 设供磷和缺磷2个处理, 取供试幼苗的根系、最嫩完全展开叶、老茎叶、嫩茎叶作样品, 采用ELISA方法进行测定。结果表明, 缺磷胁迫下长豇豆幼苗各部位ZRs含量都下降, 根系和老茎叶ZRs含量降幅二芦白>芦花白>香港青; 最嫩完全展开叶降幅为: 芦花白>香港青>二芦白; 嫩茎叶降幅为: 芦花白>二芦白>香港青。指出缺磷胁迫下长豇豆幼苗生长受抑制可能与ZRs含量有关, 其中二芦白老茎叶和根系衰老较严重, 生长受抑制也较严重。

关键词 长豇豆 幼苗 缺磷胁迫 ZRs 含量

中图分类号 Q945.1

Abstract Changes of zeatin ribosides (ZRs) contents in seedlings of 3 asparagus bean (*Vigna unguiculata* W. ssp. *sesquipedalis* (L.) Verd) cultivars differing in tolerance to phosphorus-deficiency were studied under phosphorus-deficiency stress. There were 2 treatments: +P (1 mmol L⁻¹P) and -P (0 mmol L⁻¹P). The ZRs contents in root, youngest fully-expanded leaf, older leaf and stem and younger leaf and stem of asparagus bean seedling were measured by ELISA. The results showed that ZRs contents in asparagus bean seedling decreased under P-deficiency stress. The decrease of ZRs contents in older leaf and stem and root of cv. Erlubai (Low P-deficiency-tolerance) > cv. Luhuabai (High P-deficiency-tolerance) > cv. Xianggangqing (middle P-deficiency-tolerance). The decrease of ZRs content in youngest fully-expanded leaf of cv. Luhuabai > cv. Xianggangqing > cv. Erlubai. The decrease of ZRs contents in younger leaf and stem of cv. Luhuabai > cv. Erlubai > cv. Xianggangqing. There was relationship between seedling growth suppression and decrease of ZRs contents, thus senescence of root and older stem and leaf was more serious in cv. Erlubai and the growth were suppressed more in cv. Erlubai.

Key words asparagus bean, seedling, phosphorus-deficiency stress, ZRs contents

植物生长是细胞分裂和细胞扩张的总和, 生长素为植物生长所必须, 但细胞的分裂和扩张同时需要生长素及细胞分裂素的共同作用。研究表明缺磷胁迫下植株生长受抑制, 这种生长抑制与植株细胞分裂素含量降低有关。低磷胁迫下 *Plantago major* ssp. *pleiosperma* 枝条和根中的玉米素和玉米素核苷 ZRs (zeatin ribosides) 浓度降低^[1], 而且认为缺磷时

生长受抑制是由于细胞分裂 CTK 水平降低, 而不是缺磷的直接作用。缺磷时 *Lemna gibba* 体内、向日葵叶片和根系的 CTK (iPA 和 ZRs) 水平降低, CTK 水平降低后植株相对生长率下降, 因此, 生长率可能受 CTK 水平控制^[2,3]。本文选用对耐缺磷程度不同的长豇豆品种, 研究缺磷胁迫过程中幼苗各部位 ZRs 含量的变化, 探讨 ZRs 在长豇豆适应缺磷胁迫中的作用。

1 材料与方法

1.1 材料

选用对耐缺磷程度不同的长豇豆品种^[4]：芦花白（耐缺磷）、香港青（中间类型）、二芦白（不耐缺磷）作为实验材料。

1.2 方法

采用 Hoagland 配方，设供磷和缺磷 2 个处理，材料培养方法同文献 [4]。播种后第 7 天（第 1 对真叶充分展开），取生长一致的植株移栽至处理营养液中，移栽后第 3 天开始每隔 2d 取样 1 次，取样部位：根系、最嫩完全展开叶、老茎叶（最嫩完全展开叶以下）、嫩茎叶（最嫩完全展开叶以上）。样品放在 -80°C 冰箱中保存。用 ELISA 方法^[3]测定（药盒由南京农业大学提供）样品，每个样品重复 3 次。

2 结果与分析

2.1 幼苗根系 ZRs 含量变化

缺磷胁迫下长豇豆 3 个品种幼苗根系 ZRs 含量均有变化（图 1）。芦花白供磷根系 ZRs 含量呈双峰曲线变化，2 个峰分别在第 5 天和第 11 天出现，第 1 个峰稍高，培养后期 ZRs 含量变化较小；缺磷根系 ZRs 含量在第 5 天以前急剧升高，第 5~11 天基本不变，第 11~15 天有缓慢升高，除第 9 天略高于供磷处理外，其余均低于供磷处理，平均降低了 37.52%。二芦白供磷根系 ZRs 含量也呈双峰曲线变化，2 个峰分别在第 5 天和第 13 天出现，第 1 个峰较高；缺磷根系 ZRs 含量变化与供磷相似，但第 1 个峰出现在第 7 天，而且稍低于第 2 个峰，缺磷处理根系 ZRs 含量低于供磷，平均降低了 47.29%。香港青供磷根系 ZRs 含量变化与芦花白相似，但第 1 个峰比第 2 个峰高很多；缺磷根系 ZRs 含量变化与供磷相似，但第 1 个峰出现在第 7 天，除第 15 天略高于供磷外，其余均低于供磷，平均降低了 27.95%。可见，缺磷胁迫下长豇豆 3 个品种幼苗根系 ZRs 含量都下降，其中降幅最大的是二芦白，其次是芦花白，香港青降幅最小。

2.2 幼苗老茎叶 ZRs 含量变化

缺磷胁迫下长豇豆幼苗老茎叶 ZRs 含量均发生变化（图 2）。芦花白供磷老茎叶 ZRs 含量在第 11 天有 1 个明显的峰，第 15 天略有升高；缺磷老茎叶 ZRs 含量变化与供磷相似，但第 15 天继续降低，均低于供磷处理，平均降低了 38.14%。二芦白供磷老茎叶 ZRs 含量呈单峰曲线变化，峰出现在第 13 天，缺磷老茎叶 ZRs 含量变化与供磷相似，但峰在第 11 天出现，而且变化较平缓，缺磷老茎叶 ZRs 含量显著低于

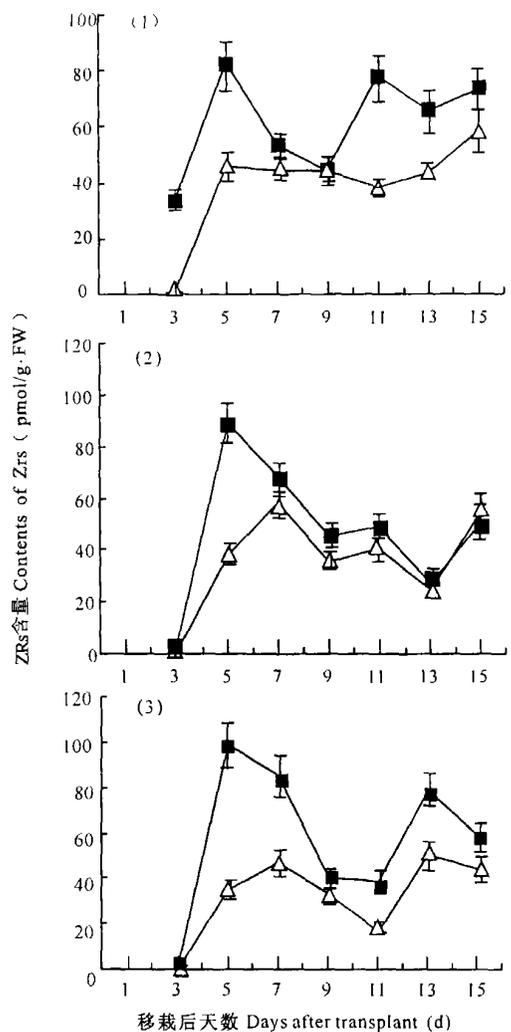


图 1 缺磷胁迫下长豇豆幼苗根系 ZRs 含量变化

Fig. 1 Changes of ZRs contents in asparagus bean seedling root under phosphorus deficiency stress

(1) 芦花白; (2) 香港青; (3) 二芦白

(1) Luhuabai; (2) Xianggangqing; (3) Erlubai

■: 供磷; △: 缺磷; ■: +P; △: -P

供磷，平均降低了 58.40%。香港青供磷老茎叶 ZRs 含量培养第 9~11 天降低，以后急剧上升，第 13 天又开始急速下降；缺磷老茎叶 ZRs 含量则在第 11 天以前下降，以后逐渐上升，除第 9 天略高于供磷外，其余均低于供磷，平均降低了 15.49%。可见，缺磷胁迫下长豇豆 3 个品种幼苗老茎叶 ZRs 含量都降低，降幅最大的是二芦白，其次是芦花白，香港青最小。

2.3 幼苗最嫩完全展开叶 ZRs 含量变化

缺磷胁迫下长豇豆各品种幼苗最嫩完全展开叶 ZRs 含量均发生变化（图 3）。芦花白供磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量略呈双峰曲线变化，2 个峰分别出现在第 7 天和第 11 天，第 15 天稍有升高；缺磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量则呈单峰曲线变化，峰出现

在第7天, 除第5天略高于供磷外, 其余均低于供磷处理, 平均降低了47.28%。二芦白供磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量变化基本与芦花白供磷相似, 但第1个峰出现在第5天, 且2个峰的值接近, 第13天则降至很低; 缺磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量变化与供磷相似, 但第1个峰出现在第3天, 除第3天高于供磷外, 其余均低于供磷处理, 平均降低了33.02%。香港青供磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量也呈双峰曲线变化, 2个峰分别在第9和第15天出现, 培养第3~9天急速上升; 缺磷最嫩完全展开叶 ZRs 含量变化基本与供磷相似, 但前期上升速率较低, 含量均低于供磷处理, 平均降低了34.03%。可见, 缺磷胁迫下长豇豆3个品种幼苗最嫩完全展开叶 ZRs 含量都降低, 其中降幅最大的是芦花白, 其次是香港青, 二芦白与香港青接近。

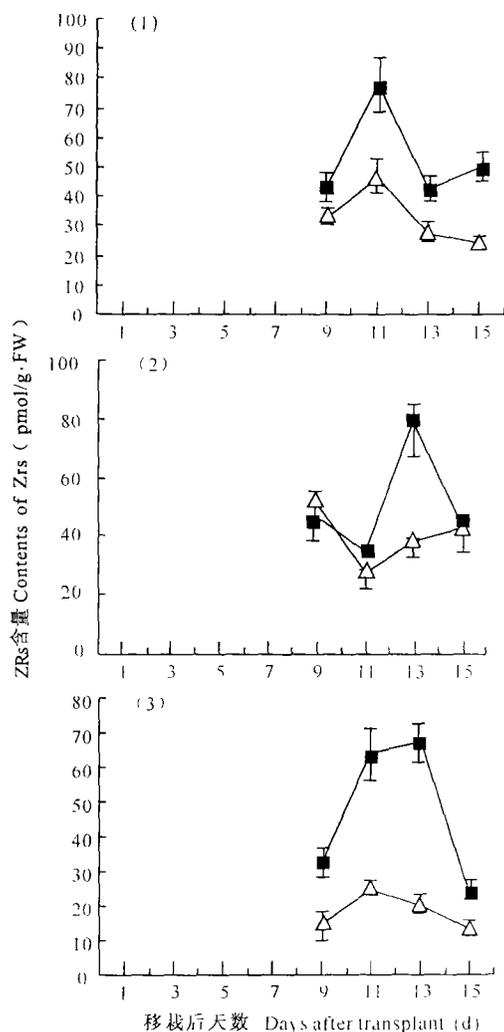


图2 缺磷胁迫下长豇豆幼苗老茎叶 ZRs 含量变化

Fig. 2 Changes of ZRs contents in elder stem & leaf of asparagus bean seedling under phosphorus-deficiency stress

(1) 芦花白; (2) 香港青; (3) 二芦白

(1) Luhuabai; (2) Xianggangqing; (3) Erlubai

■: 供磷; △: 缺磷; —■: +P; —△: -P

2.4 幼苗嫩茎叶 ZRs 含量变化

缺磷胁迫下长豇豆各品种幼苗嫩茎叶 ZRs 含量均有变化 (图4)。培养过程中芦花白供磷嫩茎叶 ZRs 含量呈三峰曲线变化, 3个峰分别出现在第5天、第9天和第15天, 第9天含量最高; 缺磷嫩茎叶 ZRs 含量则呈双峰曲线变化, 分别出现在缺磷第5天和第15天, 第2个峰的值最大, 缺磷处理含量均低于供磷处理, 平均降低了49.84%。二芦白供磷嫩茎叶 ZRs 含量培养过程中变化基本与芦花白相似, 但第9天的峰较低; 缺磷嫩茎叶 ZRs 含量则呈双峰曲线变化, 2

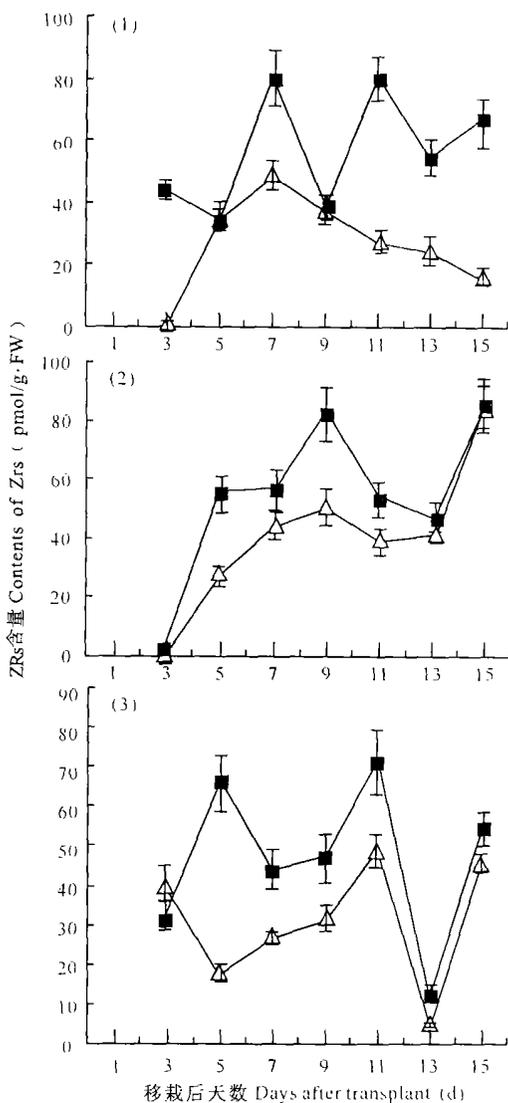


图3 缺磷胁迫下长豇豆幼苗最嫩完全展开叶 ZRs 含量变化

Fig. 3 Changes of ZRs contents in youngest fully-expanded leaf of asparagus bean seedling under phosphorus-deficiency stress

(1) 芦花白; (2) 香港青; (3) 二芦白

(1) Luhuabai; (2) Xianggangqing; (3) Erlubai

■: 供磷; △: 缺磷; —■: +P; —△: -P

个峰分别出现在第7天和第15天, 但缺磷中期变化平缓, 均低于供磷处理, 平均降低了39.47%。香港青供磷嫩茎叶 ZRs 含量培养第3~5天急速上升, 第5~7天快速下降后平缓变化, 第15天有所升高; 缺磷嫩茎叶 ZRs 含量变化基本与供磷处理相似, 但缺磷后期变化平稳, 稍有下降, 各期含量均低于供磷处理, 平均下降了30.87%。可见, 缺磷胁迫下长豇豆3个品种幼苗嫩茎叶 ZRs 含量都降低, 其中降幅最大的是芦花白, 其次是二芦白, 香港青降幅最小。

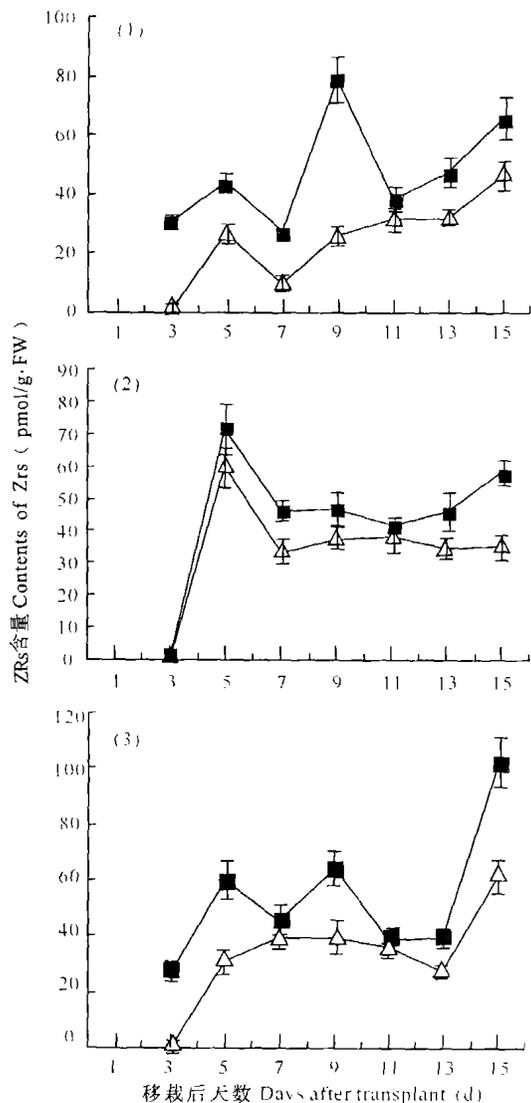


图4 缺磷胁迫下长豇豆幼苗嫩茎叶 ZRs 含量变化

Fig. 4 Changes of ZRs contents in younger stem & leaf of asparagus bean seedling under phosphorus deficiency stress

(1) 芦花白; (2) 香港青; (3) 二芦白

(1) Luhuabai; (2) Xianggangqing; (3) Erlubai

■: 供磷; △: 缺磷; —■: +P; —△: -P

3 讨论

缺磷胁迫下, 长豇豆幼苗生长受抑制, 地上部分抑制明显, 而根系抑制较轻, 不耐缺磷的二芦白

受抑制程度严重, 中间类型的香港青其次, 耐缺磷的芦花白较轻; 植株和最嫩完全展开叶叶面积受到抑制, 尤其是植株叶面积, 降幅是: 香港青>二芦白>芦花白^[6]。缺磷胁迫下长豇豆幼苗各部位 ZRs 含量都下降, 其中根系和老茎叶 ZRs 含量降幅依次是二芦白、芦花白、香港青; 最嫩完全展开叶降幅依次是芦花白、香港青、二芦白; 嫩茎叶降幅依次是芦花白、二芦白、香港青。细胞分裂素能促进植物细胞分裂和扩大, 能吸引氨基酸和磷酸等营养物质向细胞分裂素浓度高的部位运输^[7], 因此, 缺磷胁迫下长豇豆幼苗生长受抑制可能与细胞分裂素有关。

CTK 可能通过对营养物质定向运输的指导而在叶衰老中起作用, 能延缓叶绿素和蛋白质降解, 延缓 RuBPC 和 PEPC 的活性降低, 还能刺激蛋白质和核酸合成, 延缓叶绿体中与膜相联系的生理活性下降, 延缓小麦离体叶片衰老过程中 SOD 和 CAT 活性下降, 抑制 MDA 的积累和质膜的破坏^[8]。缺磷胁迫下长豇豆幼苗根系和老茎叶 ZRs 含量降幅最大的是不耐缺磷的二芦白, 而耐缺磷的芦花白降幅较小, 因此, 二芦白老茎叶和根系衰老比芦花白严重, 生长受抑制也较严重。

供磷条件下外施 IAA 促进白羽扇豆排根形成^[9], 而外施激动素抑制排根形成, 表明缺磷条件下排根的形成有生长素和细胞分裂素的参与, 两者可能起相反的作用。缺磷胁迫下长豇豆幼苗根系 IAA 含量提高^[10], 而 ZRs 含量降低, 因此促进了根系的生长; 而地上部 ZRs 含量的降低抑制了其生长, 使缺磷胁迫下根冠比提高^[9]。

长豇豆不同品种幼苗最嫩完全展开叶和嫩茎叶 ZRs 含量降低幅度与其耐缺磷程度不一致, 也与植株叶面积减少程度不一致, 这可能是叶片的扩展是生长素和细胞分裂素共同作用的结果, 并不由细胞分裂素单方面决定。缺磷时 *Betula pendula* 叶片 CTK 水平下降^[11], 叶片能持续而缓慢地生长; 而 *Acer pseudoplatanus* 叶片 CTK 浓度没有明显降低, 但叶片生长已停止, 顶芽开始休眠。因此, 细胞分裂素在植物缺磷胁迫反应中的作用机理较复杂, 可能不同植物有所不同, 这有待更深入的研究。

参考文献

1 Kuiper D, Kuiper PJC, Lambers H, et al. Cytokinin concentration in relation to mineral nutrition and benzyladenine treatment in *Plantago major* ssp. *pleiosperma*. *Physiol Plant*, 1989, 75: 511-517.

(下转第350页 Continue on page 350)

- lipoxygenase genes expressed during the early stages of tuberization. *Plant Physiol*, 1996, 112: 446450.
- 14 Beaudoin N, Serizet C, Gosti F O, et al. Interactions between abscisic acid and ethylene signaling cascades. *The Plant Cell* 2000 12: 11031115.
 - 15 Creelman R A, Bell R A, Mullet J E. Involvement of a lipoxygenase-like enzyme in abscisic acid biosynthesis. *Plant Physiol*, 1992 99: 12581260.
 - 16 陈昆松, 张上隆, 吕均良. 脱落酸、吲哚乙酸和乙烯在猕猴桃果实后熟软化进程中的变化. *中国农业科学*, 1997, 2: 5457.
 - 17 陈昆松, 李方, 张上隆, 等. ABA 和 IAA 对猕猴桃果实成熟进程的调控. *园艺学报*, 1999, 2: 8186.
 - 18 罗云波. 脂氧合酶与番茄采后成熟的关系. *园艺学报*, 1994, 4: 357360.
 - 19 Droillard M J, Rouet-Mayer M A, Bureau J M, et al. Membrane-associated and soluble lipoxygenase isoforms in tomato pericarp. *Plant Physiol*, 1993 103: 12111219.
 - 20 罗云波, 生吉萍, 李钰. 番茄脂肪氧合酶与乙烯释放的关系. *园艺学报*, 1999, 1: 2832.
 - 21 Ferrie B J, Beaudoin N, Burkhardt B, et al. The cloning of two tomato lipoxygenase genes and their differential expression during fruit ripening. *Plant Physiol*, 1994, 106: 109118.
 - 22 Heitz T, Bergey D R, Ryan C A. Wounding, systemin, and methyl jasmonate transiently induce a gene encoding a chloroplast-targeted lipoxygenase in tomato leaves. *Plant Physiol*, 1997, 114: 10851093.
 - 23 Bell E, Creelman R A, Mullet J E. A chloroplast lipoxygenase is required for wound-induced jasmonic acid accumulation in *Arabidopsis*. *Proc Natl Acad Sci USA*, 1995, 92: 86758679.
 - 24 Dubbs W E, Grimes H D. Specific lipoxygenase isoforms accumulate in distinct regions of soybean pod walls and mark a unique cell layer. *Plant Physiology*, 2000, 123: 12691279.
 - 25 Dubbs W E, Grimes H D. The mid-pericarp cell layer in soybean pod walls is a multicellular compartment enriched in specific lipoxygenase isoforms. *Plant Physiology*, 2000, 123: 12811288.
 - 26 Royo J, Vancanneyt G, Perex A G, et al. Characterization of three potato lipoxygenase with distinct enzymatic activities and different organ-specific and wound-regulated expression patterns. *J Biol Chem*, 1996 271: 2101221019.

(责任编辑: 邓大玉 韦廷宗)

(上接第 346 页 Continue from page 346)

- 2 El-D A M S, Salama A, Wareing P F. Effects of mineral nutrition on endogenous cytokinins in plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *J Exp Bot*, 1979, 30(118): 971981.
- 3 Thorsteinsson B, L Eliasson. Growth retardation induced by nutritional deficiency or abscisic acid in *Lemna gibba*: the relationship of growth ratio and endogenous cytokinins content. *Plant Growth Regulation*, 1990, 9: 171181.
- 4 刘厚诚, 邝炎华. 不同长豇豆品种幼苗缺磷胁迫下的生长反应研究. 见: 中国农学会(编). 中国青年农业科学学术年报. 北京: 中国农业出版社, 1999. 913917.
- 5 Wu S R, Chen W F, Zhou X. Enzyme linked immunosorbent assay for endogenous plant hormones. *Plant Physiology Communications*, 1988, (5): 53~57.
- 6 Liu H C, Kuang Y H, Chen R Y, et al. Studies on seedling growth of different asparagus bean cultivars under P-deficiency stress. *Journal of South China Agricultural University*, 1999, 20(suppl): 611.
- 7 李宗霆, 周 燮. 植物激素及其免疫检测技术. 南京: 江苏科学技术出版社, 1996. 124~132, 176~196.
- 8 陆定志, 傅家瑞, 宋松泉. 植物衰老及其调控. 北京: 中国农业出版社, 1997, 171~173.
- 9 Gniazdowska A, Krawczak A, Mikulska M, et al. Low phosphate nutrition alters bean plants' ability to assimilate and translocate nitrate. *Journal of Plant Nutrition*, 1999, 22(3): 551563.
- 10 Liu H C, Kuang Y H, Chen R Y. Changes of IAA contents in different asparagus bean cultivars under phosphorus-deficiency stress. *Plant Physiology Communications* 2003 39: 125127.
- 11 Horgan J M, Wareing P F. Cytokinins and the growth response of seedlings of *Beyula pendulatha* and *Acer pseudoplatanus* L. to nitrogen and phosphorus deficiency. *J of Expt Bot*, 1980 31: 525-532.

(责任编辑: 邓大玉 韦廷宗)