

氨基酸和尿素替代硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量的影响

陈贵林,高秀瑞

(河北农业大学园艺系,保定 071001)

摘要:研究了甘氨酸、异亮氨酸和脯氨酸的不同组合及尿素替代20%硝态氮对水培不结球白菜和生菜硝酸盐含量和品质的影响。结果表明,在采收前12d替代处理,与对照相比,以甘氨酸对不结球白菜和生菜硝酸盐含量降低效果最好,甘氨酸、异亮氨酸和脯氨酸三者混合氨基酸其次,尿素次之;同时氨基酸处理也提高了两种蔬菜叶片可溶性糖和蛋白质含量,并显著增加了叶片全氮量。氨基酸替代硝态氮后,增强了不结球白菜叶片硝酸还原酶活性,但削弱生菜叶片硝酸还原酶活性。氨基酸和尿素都降低了不结球白菜和生菜体内硝酸盐含量,而且对不结球白菜,氨基酸与尿素效果相近,但对生菜氨基酸比尿素更有效。氨基酸部分替代硝态氮不但可以显著降低两种蔬菜体内硝酸盐含量,而且可以改善品质。

关键词:不结球白菜;生菜;水培;营养液;氨基酸;硝酸盐

Effect of Partial Replacement of Nitrate by Amino Acid and Urea on Nitrate Content of Nonheading Chinese Cabbage and Lettuce in Hydroponics

CHEN Gui-lin, GAO Xiu-rui

(Department of Horticulture, Hebei Agricultural University, Baoding 071001)

Abstracts: We studied on the effect different mixture of glycine (Gly), isoleucine (Iso), proline (Pro), and urea used as partial (20%) replacing nitrate of solution on nitrate content and quality of nonheading Chinese cabbage and lettuce in hydroponics. Five treatments were done 12 d before harvest. Compared to the control group, Gly had the best effect in reducing nitrate content of both vegetable leaves and petioles; the mixture of Gly, Iso and Pro ranked the second and urea the last. Treatments with amino acid could also increase soluble sugar and protein contents of them and enhance total-N in leaves significantly. In contrast amino acid enhanced NRA in nonheading Chinese cabbage, while decreased it slightly in lettuce. The results showed that amino acid and urea could reduced nitrate content of both vegetables, but nonheading Chinese cabbage they had almost the same effect. What's more, amino acid was more effective than urea in lettuce. As a result, it was concluded that partial replacement of nitrate with amino acid not only reduced nitrate content, but also improved the quality of vegetables.

Key words: Nonheading Chinese cabbage; Lettuce; Hydroponics; Nutrient solution; Amino acid; Nitrate

蔬菜尤其是叶类蔬菜,极易富集硝酸盐。人体摄入的硝酸盐中80%以上来自所食蔬菜,硝酸盐对人体的危害早已受到人们的普遍关注。蔬菜积累硝酸盐的根本原因在于根系对硝态氮的吸收量大于其

体内还原同化量,因此,有人研究采用铵态氮部分替代营养液中硝态氮或减少硝态氮的供应^[1,2],以降低蔬菜硝酸盐含量。研究发现,氨基酸或混合氨基酸替代20%硝态氮,可明显降低生菜和洋葱体内的

收稿日期:2000-12-12

作者简介:陈贵林(1961-),男,内蒙古呼和浩特人,教授,博士,主要从事设施蔬菜与无土栽培方面研究。Tel: 0312-2091929; Fax: 0312-2091316; E-mail: guilin@bdfinfo.net。高秀瑞现在河北省农业科学院蔬菜花卉研究所工作。

硝酸盐含量,改善蔬菜品质,而且还促进体内氮代谢,增加叶片全氮含量^[3,4]。但氨基酸对蔬菜体内氮代谢及其它品质指标的影响尚不明确。本试验在不结球白菜和生菜采收前用甘氨酸、脯氨酸和异亮氨酸的不同组合和尿素替代营养液 20% 硝态氮,研究还原态氮对不结球白菜和生菜体内硝酸盐含量的影响,探讨氨基酸与氮代谢的关系,为无土栽培应用氨基酸改善蔬菜品质提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

供试材料不结球白菜(*Brassica campestris* ssp. *chinensis* (L.) Makino) 为华王,生菜(*Lactuca sativa* L.) 为玻璃生菜。甘氨酸(glycine 简称 Gly)、脯氨酸(proline 简称 Pro)和异亮氨酸(isoleucine 简称 Iso)以及配制营养液的其他化合物均为分析纯。

1.2 方 法

试验于 1999~2000 年分 2 期在河北农业大学园艺系光照培养室进行。光照培养室内,白天保持温度 18~22℃,夜间 12~15℃,相对湿度 50%~70%,光照强度 $160\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,每天光照时间 14h。不结球白菜和生菜种子浸种 4~5h 后,播于 72 孔的穴盘中,基质为蛭石,置于日光温室中。幼苗长至 2 片子叶充分展平时,洗净根部蛭石,移至光照培养室中进行水培(每盆 5 株,1L 营养液),每处理 10 株,重复 3 次,随机排列。基本营养液配方见表 1^[4],营养液用蒸馏水(pH5.80,电导率 $0.084\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$)配制。用 $0.1\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 的 H_2SO_4 或 NaOH 调节营养液 pH 至 6.0 ± 0.3 。培养初期为 1/2 营养液,5d 后更换为完全营养液,以后每 3d 换 1 次;营养液 24h 连续均匀通气。营养液保持总氮 $13.40\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$,采收前 12d 进行试验处理(表 2)。处理后每 3d 更换营养液 1 次,并调节 pH 值至 6.0;处理后 12d 采收,进行各项指标测定。

表 1 基本营养液中元素的组成($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)^[4]

Table 1 The element composition of basal nutrient solution

化合物 Chemical compound	NO_3 12.60	NH_4 0.80	H_2PO_4 1.35	SO_4 0.76	Cl 0.60	K 5.19	Ca 3.03	Mg 0.67
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	-	0.80	0.80	-	-	-	-	-
KH_2PO_4	-	-	0.55	-	-	0.55	-	-
CaCl_2	-	-	-	-	0.30	-	0.30	-
KNO_3	4.46	-	-	-	-	4.46	-	-
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	5.46	-	-	-	-	-	2.73	-
MgSO_4	-	-	-	0.67	-	-	-	0.67
K_2SO_4	-	-	-	0.09	-	0.18	-	-
NaNO_3	2.68	-	-	-	-	-	-	-

表 2 营养液中不同形态氮素的组成($\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$)

Table 2 The proportion of various N form in total-N of the nutrient solution

处理 Treatments	NO_3	NH_4	Urea	Gly	Pro	Iso
1(CK)	12.60	0.80	-	-	-	-
2(20% Urea)	9.92	0.80	2.68	-	-	-
3(20% Gly)	9.92	0.80	-	2.68	-	-
4(10% Gly + 5% Pro + 5% Iso)	9.92	0.80	-	1.34	0.67	0.67
5(6.7% Gly + 6.7% Pro + 6.7% Iso)	9.92	0.80	-	0.89	0.89	0.89

1.3 测定项目

植株干重的测定:按地上部与地下部分开取样,105℃杀青 10min 后,在 70℃烘至恒重。叶片干样磨碎测定全氮。

可溶性糖含量的测定采用蒽酮法;游离氨基酸含量的测定采用茚三酮法进行;可溶性蛋白质含量

用考马斯亮兰 G250 法测定;硝酸还原酶活性用活体分光光度法测定;硝酸盐含量的测定用改进的紫外差减法进行^[5];全氮含量用凯氏定氮法测定。以上指标的测定均重复 3 次。所有测定的数据采用 SAS 统计软件进行统计分析,并按照 Duncan 新复极差分析进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 氨基酸和尿素对不结球白菜和生菜地上部生长的影响

氨基酸和尿素替代营养液中 20% 的硝态氮 12d 后,不结球白菜地上部鲜重除处理 5 明显低于对照(处理 1)外,其它各处理与对照相比差异不显著;生

菜地上部鲜重除处理 4 明显高于对照外,其它 3 个处理与对照之间差异不显著。氨基酸和尿素替代硝态氮对两种蔬菜地上部干重的影响与鲜重相似(表 3)。由此可见,采收前 12d 用氨基酸和尿素部分替代硝态氮,对两种蔬菜地上部鲜重和干重的影响较小。

表 3 氨基酸和尿素部分替代硝态氮对不结球白菜和生菜地上部鲜、干重的影响(g/株)¹⁾

Table 3 Effect of partial replacement of nitrate by a amino acid and urea on top F W and DW of nonheading Chinese cabbage and lettuce (g/plant)

处理 Treatments	不结球白菜 Nonheading Chinese cabbage		生菜 Lettuce	
	地上部鲜重 Top F W	地上部干重 Top DW	地上部鲜重 Top F W	地上部干重 Top DW
1(CK)	10.94 ± 0.74a	0.585 ± 0.006b	10.84 ± 0.33b	0.489 ± 0.078ab
2(20% Urea)	11.48 ± 0.57a	0.689 ± 0.008a	11.44 ± 0.95b	0.514 ± 0.073ab
3(20% Gly)	11.50 ± 0.28a	0.621 ± 0.026ab	11.57 ± 1.19ab	0.459 ± 0.044b
4(10% Gly + 5% Pro + 5% Iso)	11.81 ± 0.46a	0.541 ± 0.072b	13.00 ± 0.70a	0.598 ± 0.031ab
5(6.7% Gly + 6.7% Pro + 6.7% Iso)	9.10 ± 0.36b	0.431 ± 0.068c	11.33 ± 0.14b	0.492 ± 0.099ab

¹⁾ 按 Duncan 新复极差测验,同列中字母表示差异显著性(P = 0.05)。下同

According to Duncan's new multiple range test, different letters within rows represent significant difference at 5% levels. The same as below

2.2 氨基酸和尿素对不结球白菜和生菜体内硝酸盐含量的影响

氨基酸和尿素替代营养液 20% 的硝态氮 12d 后,不结球白菜体内硝酸盐含量与对照相比明显降低,但两种形态氮素的作用效果差异不大。与叶柄相比,叶片反应敏感,其较对照硝酸盐含量的降低幅度大于叶柄,其中叶片降低幅度为 15.18%~23.49%,叶柄 8.57%~13.82%(图 1)。

氨基酸和尿素替代硝态氮后对生菜和不结球白菜体内硝酸盐含量影响不同。图 2 表明,无论生菜的叶片和叶柄,其氨基酸替代处理(3、4、5)的硝酸盐含量较对照的减少量都明显大于尿素处理(2),氨基酸处理叶片硝酸盐含量较对照下降 12.75%~17.94%,叶柄较对照下降 14.56%~15.42%。这表明不结球白菜和生菜对氨基酸和尿素吸收利用效率不同,两种蔬菜体内及不同部位硝酸盐含量的降低幅度存在差异。

2.3 氨基酸和尿素对两种蔬菜硝酸还原酶活性和全氮含量的影响

用氨基酸和尿素替代硝态氮 12d 后,不结球白菜叶片的硝酸还原酶活性除处理 4 与对照差异不明显外,其它处理均较对照显著增强,以 3 种氨基酸等比例混合替代处理(5)硝酸还原酶活性最高,比对照增加 33.79%;生菜叶片硝酸还原酶活性在不同处

理间的变化与不结球白菜相反,营养液中含有氨基酸处理(处理 3、4、5)硝酸还原酶活性明显低于对照,处理 3、4、5 分别较对照降低 23.86%、10.99% 和 21.98%,尿素处理(2)的叶片硝酸还原酶活性与对照无明显差异(表 4)。所以,氨基酸与尿素对不结球白菜体内 NO₃⁻ 的还原同化具有促进作用,但对生菜 NO₃⁻ 的还原具有抑制效应,推测这是由于

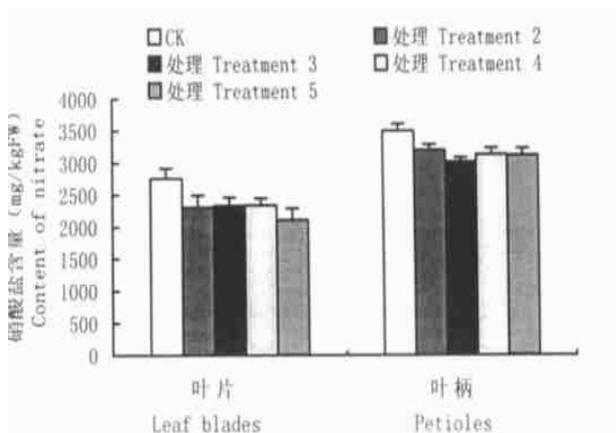


图 1 氨基酸与尿素部分替代对不结球白菜叶片及叶柄硝酸盐含量的影响

Fig.1 Effect of partial replacement of nitrate by a amino acid and urea on content of nitrate in nonheading Chinese cabbage leaf blades and petioles

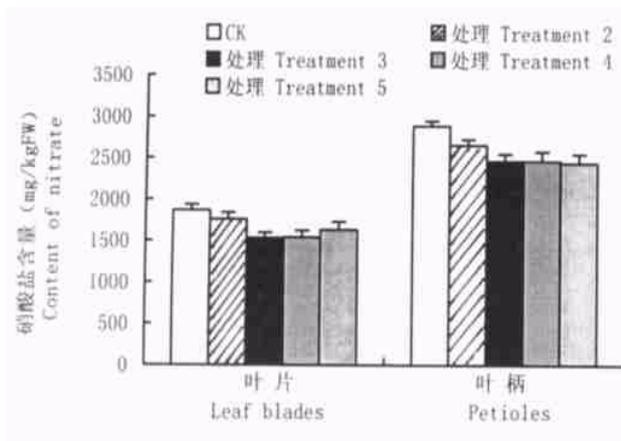


图 2 氨基酸与尿素部分替代对生菜叶片及叶柄硝酸盐含量的影响

Fig.2 Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on content of nitrate in lettuce leaf blades and petioles

氨基酸对不同基因型蔬菜的硝酸还原酶活性的影响不同造成的。

用氨基酸和尿素部分替代硝态氮后,不结球白菜与生菜叶片全氮含量的变化趋势大体相同。氨基

酸部分替代硝态氮均显著提高了两种蔬菜叶片全氮含量。尿素替代处理增加了不结球白菜叶片全氮含量,而对生菜叶片全氮含量影响较小(表 4)。氨基酸增加了不结球白菜及生菜叶片中全氮的含量表明两种蔬菜易于吸收还原态形式的氨基酸态氮,并增强参与体内氮代谢过程,这可能与蔬菜体内存在氮代谢的反馈调节机制有关。

2.4 氨基酸和尿素对不结球白菜和生菜叶片氨基酸、蛋白质与可溶性糖含量的影响

从表 5 可以看出,氨基酸和尿素部分替代营养液硝态氮 12d 后,不结球白菜叶片的游离氨基酸含量均高于对照,以处理 3、4 增幅较大,处理 2、5 略有增加,与对照差异不大;生菜叶片游离氨基酸含量均低于对照,尿素处理(2)较对照下降 30.67%,氨基酸处理(3、4、5),较对照下降 6.67%~20.0%。

不结球白菜与生菜叶片的可溶性蛋白质含量随营养液中氨基酸的加入而呈现增大趋势。用尿素部分替代硝态氮后,不结球白菜蛋白质含量显著增加,效果与氨基酸处理(3、4、5)无明显差异;生菜中,氨基酸处理(3、4、5)可溶性蛋白质含量比对照增加 13.47%~18.29%,而尿素处理(2)略有下降(表 5)。

表 4 氨基酸和尿素部分替代硝态氮对两种蔬菜硝酸还原酶活性和叶片全氮含量的影响

Table 4 Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on nitrate reductase activity and total N in nonheading Chinese cabbage and lettuce leaves

处理 Treatments	不结球白菜 Nonheading Chinese cabbage		生菜 Lettuce	
	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase activity ($\mu\text{g NO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	全氮含量 Content of total N ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1} \text{DW}$)	硝酸还原酶活性 Nitrate reductase activity ($\mu\text{g NO}_2 \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	全氮含量 Content of total N ($\text{g} \cdot 100 \text{g}^{-1} \text{DW}$)
1 (CK)	4.41 \pm 0.39c	5.85 \pm 0.01d	3.73 \pm 0.19ab	4.90 \pm 0.07d
2 (20% Urea)	5.08 \pm 0.20b	6.11 \pm 0.11b	3.93 \pm 0.28a	4.91 \pm 0.04d
3 (20% Gly)	5.15 \pm 0.29b	6.23 \pm 0.11a	2.84 \pm 0.28c	5.52 \pm 0.03a
4 (10% Gly + 5% Pro + 5% Iso)	4.43 \pm 0.06c	5.98 \pm 0.03c	3.32 \pm 0.07bc	5.25 \pm 0.04b
5 (6.7% Gly + 6.7% Pro + 6.7% Iso)	5.90 \pm 0.19a	6.29 \pm 0.03a	2.91 \pm 0.19c	5.15 \pm 0.01c

表 5 氨基酸与尿素部分替代对不结球白菜和生菜游离氨基酸和可溶性蛋白质含量的影响

Table 5 Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on free amino acid and soluble protein in nonheading Chinese cabbage and lettuce leaves

处理 Treatments	不结球白菜 Nonheading Chinese cabbage		生菜 Lettuce	
	氨基酸 Amino acids ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1} \text{FW}$)	蛋白质 Soluble proteins ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)	氨基酸 Amino acids ($\text{mg} \cdot 100 \text{g}^{-1} \text{FW}$)	蛋白质 Soluble proteins ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$)
1 (CK)	3.25 \pm 0.20c	11.48 \pm 0.16c	3.75 \pm 0.30a	7.87 \pm 0.45bc
2 (20% Urea)	3.81 \pm 0.40abc	14.65 \pm 1.35ab	2.60 \pm 0.40c	6.76 \pm 0.56c
3 (20% Gly)	4.55 \pm 0.20a	16.45 \pm 0.96a	3.50 \pm 0.02ab	9.31 \pm 0.26a
4 (10% Gly + 5% Pro + 5% Iso)	4.25 \pm 0.50ab	15.25 \pm 0.97ab	3.00 \pm 0.10bc	9.31 \pm 0.46a
5 (6.7% Gly + 6.7% Pro + 6.7% Iso)	3.45 \pm 0.10bc	13.36 \pm 0.57bc	3.40 \pm 0.30ab	8.93 \pm 0.45ab

所以从叶片中游离氨基酸与可溶性蛋白质含量的变化看,不结球白菜对尿素的吸收利用效率高,代谢速度快,叶片游离氨基酸含量增加,蛋白质含量提高,而生菜对尿素反应敏感,同化速度慢,游离氨基酸和蛋白质含量低。

氨基酸和尿素部分替代营养液中硝态氮导致不结球白菜和生菜叶片可溶性糖含量增加。不结球白菜各处理叶片可溶性糖含量均显著高于对照;生菜中除处理 3 与对照差异不显著外,其他处理均显著高于对照(图 3)。这表明,混合氨基酸对生菜可溶性糖含量的增加作用明显强于尿素和单一甘氨酸。

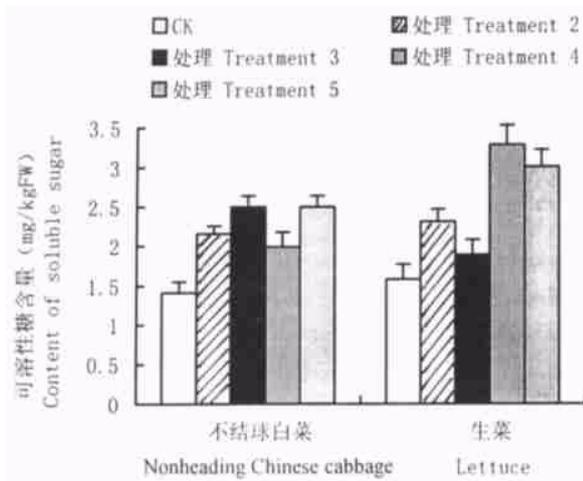


图 3 氨基酸和尿素部分替代对不结球白菜和生菜叶片可溶性糖含量的影响

Fig.3 Effect of partial replacement of nitrate by amino acid and urea on soluble sugar in nonheading Chinese cabbage and lettuce leaves

3 讨论

试验结果表明,采收前用氨基酸态氮和尿素部分替代营养液中硝态氮,明显降低不结球白菜和生菜体内的硝酸盐含量,而对地上部产量的影响不大。有研究表明,作为硝态氮的还原产物,氨基酸对氮代谢具有反馈调节作用,植株本身具有足量还原态氮时,不会吸收硝态氮,以节省硝态氮吸收、还原及最终氨基酸合成所用能量,所以氨基酸抑制植株对 NO_3^- 的吸收^[6]。

氨基酸部分替代营养液中硝态氮后,不结球白菜和生菜会优先吸收甘氨酸、异亮氨酸和脯氨酸,从而抑制植株根系对硝态氮的吸收,进而减少两种蔬菜体内的硝酸盐含量,但生菜对氨基酸反应更敏感。同时不结球白菜和生菜叶片全氮含量增加。这与 Gunes 等对洋葱的研究结果一致^[3]。这表明,蔬菜

易于吸收利用还原态氮形式的氨基酸氮源,该类氮源更有利于体内氮代谢,增加叶片全氮含量。

本研究中,氨基酸部分替代硝态氮后,不结球白菜和生菜叶片的可溶性糖含量上升,可能与液泡中 NO_3^- 的数量减少,可溶性糖和氨基酸进入液泡维持渗透平衡有关。

我们的试验结果表明,混合氨基酸处理与单一甘氨酸处理相比对蔬菜硝酸盐含量的降低效果并不明显,这一点与前人结果不同^[3];由于同一蔬菜种类不同品种对不同氮素的吸收、运输差异较大,因此,我们认为,除与蔬菜的种类、品种有关外,混合氨基酸处理降低硝酸盐的积累并不优于单一氨基酸,可能与所用氨基酸的种类及组合关系更大。不同蔬菜种类对氨基酸的吸收速度和利用效率不同^[7],由于甘氨酸是结构最简单的氨基酸,植物易于吸收^[8];而其它氨基酸吸收速度相对较慢,在营养液中滞留时间长,易受细菌污染,造成营养液浑浊,使蔬菜利用率降低,这可能是混合氨基酸替代效果与单一甘氨酸差异不大的重要原因之一。

References :

- [1] Zhu Z J, et al. Effects of different nitrogen forms on the growth and nitrate accumulation of nonheading Chinese cabbage. *Plant Physiology Communications*, 1994, 30(3) :198 - 201. (in Chinese)
朱祝军,等. 不同形态氮素对不结球白菜的生长和硝酸盐积累的影响(简报). *植物生理学通讯*, 1994, 30(3) :198 - 201.
- [2] Van J, et al. Growth and nitrate concentration of lettuce as affected by total nitrogen and chloride concentration, NH_4^+ / NO_3^- ratio and temperature of the recirculating nutrient solution. *Journal of Horticultural Science*, 1990, 65(3) :309 - 321.
- [3] Gunes A, et al. Reducing nitrate content of NFT grown winter onion plant by partial replacement of NO_3^- with amino acid in nutrient solution. *Scientia Horticulturae*, 1996, (65) :203 - 208.
- [4] Gunes A, et al. Influence of partial replacement of nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. *Journal of Plant Nutrient*, 1994, 17(11) :1929 - 1938.
- [5] He Z F. Improvement on determining method of NO_3^- -N and in vegetables and fruits. *Agronomy Environmental Protection*, 1995, 14(1) :46 - 48. (in Chinese)
何仲复. 蔬菜瓜果鲜样中 NO_3^- 和 NO_2^- 测定方法的改进. *农业环境保护*, 1995, 14(1) :46 - 48.
- [6] Padgett P, et al. Regulation of nitrate uptake by amino acids in maize cells suspension culture and intact roots. *Plant and Soil*, 1993, (155/156) :159 - 161.
- [7] Xu Y L, et al. Study of effect of amino fertilizer by N^{15} -trace. *Amino Acid and Biology Source*, 1988, 20(2) :20 - 23. (in Chinese)
许玉兰,等. 用 N^{15} 示踪方法研究氨基酸的肥效作用. *氨基酸与生物资源*, 1988, 20(2) :20 - 23.
- [8] Chapin F, et al. Preferential use of organic nitrogen for growth by a non-mycorrhizal arctic sedge. *Nature*, 1993, 361 :150 - 153.