

氮、硫供应对章丘大葱生长和含硫有机物含量的影响

刘松忠^{1,2}, 何洪巨³, 冯 固¹, 陈 清^{1*}

(1 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100193 ; 2 北京市农林科学院林业果树研究所, 北京 100093 ;
3 国家蔬菜工程技术中心, 北京 100097)

摘要 :以章丘大葱为材料,并以珍珠岩为栽培基质,采用盆栽试验研究了不同氮、硫供应水平对大葱营养生长前期的干物质累积及含硫有机物含量的影响。结果表明,氮、硫供应及其交互作用显著影响大葱生长和含硫有机物含量。在硫不足(SO_4^{2-} 0.01 mmol/L)和硫充足(SO_4^{2-} 4.00 mmol/L)供应条件下,随氮供应水平提高,大葱植株干物重明显增加,当供氮水平为 N 6.0 mmol/L 时,植株干物重及吸硫量达到最大;增加硫素供应可显著提高植株的硫含量和总硫量。然而,硫供应不足时,随着供氮水平提高,植株含硫有机物含量逐渐下降;反之,充足供硫条件下,随着氮供应水平的提高,大葱含硫有机物含量出现先增加后降低。当供氮水平为 N 12.0 mmol/L 时,含硫有机物含量最高,达到 7.23 $\mu\text{mol/g}$ FW。过量氮供应(N 24.0 mmol/L)则抑制植株生长,降低含硫有机物含量。因此,充足供硫条件下,氮素调控水平对保证大葱高产和高含硫有机物含量至关重要。

关键词 :章丘大葱;氮;硫;生长;含硫有机物

中图分类号:S633.1.06 文献标识码:A 文章编号:1008-505X(2009)04-0884-06

Effect of N and S supply on the growth and organo-sulfur compounds of Zhangqiu spring onion

LIU Song-zhong^{1,2}, HE Hong-ju³, FENG Gu¹, CHEN Qing^{1*}

(1 College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China ;
2 Institute of Forestry and Pomology, Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100093, China ;
3 National Engineering Research Center for Vegetables, Beijing 100097, China)

Abstract : Effect of N and S supply on the growth and organo-sulfur compounds of Zhangqiu spring onion was investigated in a potted soilless experiment. The results indicated the growth and organo-sulfur compounds of spring onion were influenced by N, S and their interactions significantly. N supply promoted plant growth and increased shoot N concentration and uptake, and S supply enhanced shoot S concentration and uptake. Concentration of organo-sulfur compounds decreased with N supply increasing under deficient S condition, and sufficient N and S supply increased organo-sulfur concentration. The highest organo-sulfur concentration (7.23 $\mu\text{mol/g}$, FW) was observed at N 12.0 mmol/L and SO_4^{2-} 4.00 mmol/L, however, excessive N supply (N 24.0 mmol/L) retarded plant growth and decreased concentration of organo-sulfur compounds. Therefore, N could regulate the growth and organo-sulfur compounds of Chinese spring onion with sufficient S supply.

Key words : Chinese spring onion ; N ; S ; growth ; organo-sulfur compounds

大葱(*Allium fistulosum* L. var. giganteum Makino) 欢迎而广泛用于食用和药用,主要是由于大葱含有
具有其独特的风味和保健作用,因此受到消费者的 对人体具有保健作用的物质—含硫有机物。含硫有

机物具有抗癌、抗菌、抗氧化、保护心血管、降血压、提高人体免疫和防止衰老等功能^[1]。研究表明,当大葱细胞受到外力的作用破碎后,位于细胞质中的含硫有机物前体(半胱氨酸亚砷)与位于液泡中的蒜酶相接触,分解生成了一类含硫的有机物质,统称为含硫有机物^[2]。含硫有机物包括挥发性和非挥发性含硫有机物质两类。直接测定大葱含硫有机物的含量比较困难,但由于含硫有机物前体在分解生成一个单位含硫有机物的同时,也生成两个单位的丙酮酸(Enzymatic produced pyruvic acid, EPY),而丙酮酸易于直接测定,因此,目前国际上通用的方法是用丙酮酸的生成量来间接表示含硫有机物的含量^[3]。

研究表明,含硫有机物含量与大葱的品种、栽培管理有很大的关系^[4-5]。在所有的养分管理措施中,氮硫养分的调控一直是葱属植物的研究重点。然而由于大葱在我国生产的独特性,目前国内外对其研究甚少。近年来,我国大葱栽培面积和大葱出口规模逐年增加,为了进一步提高大葱商品产量和生产效益,农户大量施用氮肥的现状十分普遍^[6]。但是过量的氮素供应影响植株对硫的吸收^[7],从而可能会降低含硫有机物的含量,并且降低其可食性和保健效果。为此,本研究以我国章丘大葱为试验材料,研究氮、硫供应对大葱生长及其含硫有机物的影响,以期为优质、高产的大葱生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2007年3月至8月在北京国家蔬菜工程中心进行。供试材料为章丘大葱。种子于3月3日播种于砂壤土中,土壤基础养分:有机质 13.0 g/kg,全氮 0.7 g/kg, Olsen-P 64.5 mg/kg, 交换性钾 101.5 mg/kg, 有效硫 1.23 mg/kg。育苗期间及时浇去离子水以满足大葱幼苗生长的需要。待幼苗出现5片叶子时,于7月2日移栽,将其定植于直径240 mm,高260 mm的塑料盆中,塑料盆装入预先洗净并用稀酸漂洗的珍珠岩2 L,每盆栽植6株大葱,移栽后第一周浇1/4浓度的营养液,之后按照各处理供给不同处理水平的营养液至收获。

试验分别设供硫不足(SO_4^{2-} 0.01 mmol/L)和供硫充足(SO_4^{2-} 4.00 mmol/L)2个硫水平和N 1.5、3.0、6.0、12.0、24.0 mmol/L 5个氮素水平。采用硫酸钾、硫酸镁、氯化镁、氯化钾、硫酸和氢氧化钠来调节不同的硫水平,用硝酸铵调节氮水平。其他营养成分配方如下: K_2HPO_4 1.0 mmol/L、 CaCl_2 1.5

mmol/L、 H_3BO_3 69 $\mu\text{mol/L}$ 、 CuSO_4 1.0 $\mu\text{mol/L}$ 、 ZnSO_4 1.2 $\mu\text{mol/L}$ 、 MnSO_4 1.4 $\mu\text{mol/L}$ 、 NaMoO_4 0.13 $\mu\text{mol/L}$ 、 Fe-EDTA 60 $\mu\text{mol/L}$ (根据 Hawkins and George^[8]的方法修改)。除氮、硫水平不同外,营养液其他营养成分水平一致。调节营养液的pH值为6.0,每隔一天浇一次营养液,并且每周用去离子水洗盐一次,以防止盐分累积。大葱在生长期采用自然光照,生长期昼夜温度平均为29℃和19℃,于2007年8月18日收获。

1.2 样品采集及测定方法

将各盆中的大葱全部分别收获。先用自来水,再用去离子水清洗植株,用吸水纸擦干后,测定每株大葱的株高、地上部长度(量至最长的功能叶)、假茎长度(即根基部到叶鞘之间的部位);用游标卡尺测定假茎直径。将其地上部与根系分开,分别称量每盆(重复)大葱的地上部和根系鲜重。

将大葱植株地上部切成1 cm长的葱段,新鲜样品(植株收获后2 h内)用于丙酮酸测定,依据 Randle^[9]和 Schimmer^[3]的方法并略有修改:称取10 g鲜样,加20 mL水匀浆并放置20 min,然后称取5 mL浆液,加5 mL 5%三氯乙酸反应1 h,过滤到200 mL容量瓶并定容;取1 mL待测液,加1 mL 0.0125% DAPI(2,4-二硝基苯胍)和1 mL水,37℃水浴加热10 min后加5 mL 0.6 mol/L NaOH,冷却后于420 nm比色;同时取10 g鲜样,微波炉加热2 min灭活后,按照同样方法测定丙酮酸背景值,并用丙酮酸钠作为试剂制作标准曲线。

另称取一部分地上部新鲜样品,连同根系一起置于70℃烘箱烘干至恒重(48 h),测定样品干重,并将地上部样品磨碎并过0.5 mm筛后,用凯氏定氮仪^[10]测定植株地上部全氮含量,用硝酸镁氧化法^[11]测定植株地上部全硫和有机硫含量。

试验数据用SAS分析软件(Version 8.2; SAS Institute, Cary, NC)进行二因素统计分析,比较各处理差异显著性。

2 结果与分析

2.1 氮硫交互作用对植株生长的影响

随氮供应水平增加,植株地上部生物量先增大后减小,但在0.01和4.00 mmol/L SO_4^{2-} 水平上,植株地上部获得最大生长量的氮供应水平不一致,分别在N 6.0和12.0 mmol/L水平,当供氮量为N 24 mmol/L时,生物量显著降低;根系生物量和根冠比也呈现相似的变化趋势。硫的供应水平(SO_4^{2-} 0.01

和 4.00 mmol/L)对大葱的生长无明显影响(表 1)。供氮水平也显著影响大葱的地上部长度、假茎长度和假茎直径,但硫供应水平对之影响不显著(表 2)。随氮供应水平提高,大葱的假茎长度和假茎直径有着相同的变化趋势,除 N 6.0 mmol/L 和 SO_4^{2-} 0.01 mmol/L 时假茎长度相对较小外,氮供应水平为 N 12 mmol/L 时假茎长度最大。另外,低氮供应下假茎直径显著高于高氮供应水平下的直径,而假茎长度低于高氮供应水平。

表 1 不同氮、硫供应水平对章丘大葱干重的影响
Table 1 Effects of N and S supply on dry weight of Zhangqiu spring onion

硫水平 S level (SO_4^{2-} mmol/L)	氮水平 N level (mmol/L)	地上部干重 Shoot dry weight (g/plant)	根系干重 Shoot dry weight (g/plant)	冠根比 Shoot to root ratio
0.01	1.5	2.2±0.2	0.19±0.02	11.5±1.7
	3.0	2.3±0.2	0.18±0.03	13.6±2.6
	6.0	2.7±0.2	0.20±0.04	13.8±1.7
	12.0	2.3±0.3	0.18±0.02	13.3±0.6
	24.0	1.7±0.3	0.16±0.04	10.8±1.2
4.00	1.5	2.0±0.5	0.20±0.04	10.0±2.4
	3.0	2.4±0.3	0.21±0.02	11.4±0.9
	6.0	2.9±0.3	0.24±0.03	12.4±1.3
	12.0	2.7±0.1	0.21±0.03	12.8±1.1
	24.0	1.9±0.3	0.19±0.02	10.9±1.3
显著性分析(ANOVA) Analysis of various				
硫 S		NS	NS	*
氮 N		* * *	NS	* *
硫×氮 S×N		NS	NS	NS

注(Note): NS—差异不显著 No significance ; *、* *、* * * 分别表示差异达 $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$ 显著水平,下同 Mean significance at $P < 0.05$, $P < 0.01$, $P < 0.001$ levels , respectively. The same below.

表 2 不同氮硫供应水平对章丘大葱地上部长度、假茎长度和假茎直径的影响
Table 2 Effects of N and S supply on shoot and pseudostem length and sheath diameter of Zhangqiu spring onion

硫水平 S level (SO_4^{2-} mmol/L)	氮水平 N level (mmol/L)	地上部长度 Shoot length (cm/plant)	假茎长度 Pseudostem length (cm/plant)	假茎直径 Pseudostem diameter (cm)
0.01	1.5	53.0±0.3	18.8±0.2	0.90±0.1
	3.0	58.0±0.3	19.6±0.1	0.90±0.1
	6.0	65.3±0.4	22.9±0.2	0.92±0
	12.0	64.4±0.5	22.1±0.2	0.89±0
	24.0	61.4±0.3	20.4±0.2	0.82±0.1
4.00	1.5	49.5±0.5	17.9±0.2	0.83±0.1
	3.0	58.2±0.2	20.0±0.1	0.90±0.1
	6.0	67.1±0.5	22.5±0.2	0.92±0.1
	12.0	70.5±1.0	23.3±0.3	0.98±0.1
	24.0	60.6±0.3	20.5±0.2	0.84±0.1
显著性分析(ANOVA) Analysis of various				
硫 S		NS	NS	NS
氮 N		* * *	* * *	*
硫×氮 S×N		* *	NS	NS

2.2 氮、硫供应对大葱植株地上部氮、硫营养状况的影响

表 3 表明 ,供氮应水平对大葱植株地上部含氮量的影响显著。N 1.5 mmol/L 供应时 ,地上部氮含量低于 10.0 mg/g ,DW ,随着氮水平升高 ,氮含量也显著增加 ,当供氮水平为 N 24.0 mmol/L 时 ,氮含量均高于 35.0 mg/g ,DW。同样 ,植株地上部的总吸氮量也有相似的变化规律。总吸氮量的变化范围在 18.9~67.2 mg/plant ,而且在一定程度上受植株地上部生物量的影响 ;但硫供应水平对植株地上部氮含量和总吸氮量均没有显著影响。

氮供应水平对大葱地上部的硫含量、吸硫量及有机硫含量也有显著影响(表 3)。硫供应不足时 ,

氮对植株地上部硫含量影响不显著 ;但充足供硫 ,地上部硫含量随氮水平增加(N 1.5 ~ 24.0 mmol/L) ,植株地上部硫含量显著提高。低硫供应下 ,总吸硫量与硫含量有相同的变化趋势 ;而充足供硫时则随氮供应水平增加而先增大后减小。在 N 12.0 mmol/L 时 ,总吸硫量最大 ,达 13.6 mg/plant。相对而言 ,氮供应水平对地上部有机硫含量影响较小。

表 3 还看出 ,硫供应水平也显著提高植株地上部硫含量、总硫量和有机硫含量。硫供应不足时 ,大葱地上部硫含量为 3.2 mg/g ,DW ;而在硫供应充足时 ,则为 4.6 mg/g ,DW ,这说明低硫对大葱的地上部硫含量无明显影响 ,而充足的硫供应则显著提高植株地上部吸硫量。

表 3 不同氮硫供应水平对章丘大葱氮、硫营养状况的影响

Table 3 Effects of N and S supply on N and S concentration and uptake , and organic-S concentration of Zhangqiu spring onion						
硫水平 S level (SO ₄ ²⁻ mmol/L)	氮水平 N level (mmol/L)	氮含量 N concen. (mg/g , DW)	吸氮量 N uptake (mg/plant)	硫含量 S concen. (mg/g , DW)	吸硫量 S uptake (mg/plant)	有机硫含量 Organic-S concen. (mg/g , DW)
0.01	1.5	8.9±0.2	19.3±1.6	2.7±0.2	5.8±0.3	1.1±0.1
	3.0	12.3±0.9	28.8±3.5	3.1±0.2	7.2±0.9	1.2±0.1
	6.0	17.3±0.6	47.2±3.8	3.2±0.2	8.6±0.6	1.2±0.1
	12.0	24.8±1.0	57.3±5.1	3.4±0.3	7.9±0.4	1.3±0.2
	24.0	35.4±1.6	60.8±11.0	3.4±0.3	6.0±1.5	1.3±0.5
4.00	1.5	9.5±1.0	18.9±3.8	3.6±0.3	7.2±1.4	1.1±0.3
	3.0	12.0±1.0	29.1±2.8	4.1±0.3	10.0±0.5	1.4±0.2
	6.0	16.2±1.0	47.0±1.8	4.5±0.4	13.1±0.8	1.5±0.3
	12.0	24.1±0.9	65.2±3.1	5.0±0.3	13.6±1.1	1.4±0.4
	24.0	35.2±1.8	67.2±10.1	5.7±0.3	10.9±1.8	1.8±0.3
显著性分析(ANOVA) Analysis of various						
硫 S		NS	NS	* * *	* * *	*
氮 N		* * *	* * *	* * *	* * *	NS
硫 × 氮 S × N		NS	NS	* *	* * *	NS

2.3 氮、硫交互作用对植株含硫有机物含量的影响

不同氮硫供应水平下 ,章丘大葱的含硫有机物含量变化范围为 3.01~7.23 μmol/g ,FW ,且受氮供应水平 ,硫供应水平及氮与硫之间交互作用的显著影响(图 1)。硫供应不足时 ,随氮供应水平提高 ,含硫有机物含量显著降低 ,但高于 N 6.0 mmol/L 时差异不显著。充足硫供应水平下 ,随氮供应水平提高(N 1.5~12.0 mmol/L)时 ,大葱含硫有机物含量显著增加 ,且当氮供应水平为 N 12.0 mmol/L 时达到最大 ,为 7.23 μmol/g ,FW ;而在供 N 24.0 mmol/L 时则显著降低。

3 讨论

氮和硫的代谢紧密相关 ,这在很多研究中业已证实^[12]。主要是因为氮和硫都是蛋白质的重要成分 ,植物体内有机硫与总氮量的比值基本稳定。并且植株也是按照一定的比例吸收氮和硫用于代谢的需要。氮、硫的交互作用表现在植物氮、硫同化途径的相互作用上。植物对硫和氮的吸收途径相似 ,一种养分缺乏会抑制植物对另一养分的吸收^[13] ,即 SO₄²⁻ 能够对 NO₃⁻-N 的吸收和同化产生影响 ,同时 NO₃⁻-N 也反过来对 SO₄²⁻ 的吸收和同化产生影响^[14]。

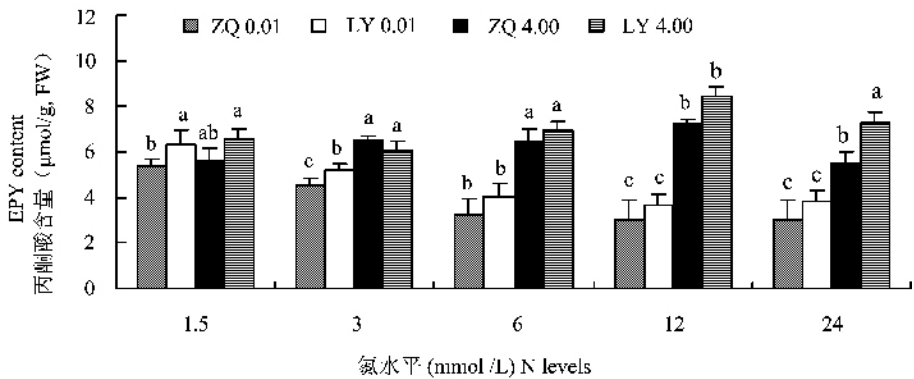


图 1 不同氮、硫供应水平对章丘大葱含硫有机物含量的影响

Fig.1 Effect of N and S supply on organo-sulfur compounds of Zhangqiu spring onion

由于氮和硫是葱属蔬菜生长和含硫有机物生长的重要元素,因此,氮和硫及其交互作用对葱属蔬菜的影响一直是研究热点。研究认为,氮和硫及其相互作用影响水培^[15]、沙培^[16]和基质栽培^[5]条件下洋葱的生长指标和含硫有机物的生成;而在田间栽培条件下氮硫供应也影响含硫有机物合成关键酶的活性^[17]。

本研究中,氮供应不足和过量时,抑制了地上部生长,降低了根冠比。充足的氮素供应则促进了地上部的生长,抑制了根系生长。这主要是由于充足氮供应下,植株根系更容易获得氮素养分,故根系生物量相对较小;而氮供应不足时,为维持正常生长所需的氮素,植株通过提高根系的生物量来扩大吸收面积;氮供应过量的情况下,则可能是氮素浓度过高对植株根系产生伤害,从而降低其生物量^[18]。随供氮水平提高,植株氮含量和总吸氮量显著增加。硫对植株的硫含量、吸硫量和有机硫含量有着显著的影响,并且在低硫或潜在缺硫时其含量显著降低,而在硫供应充足时植株吸收的硫营养保证了植株正常生长的需要。

充足的硫素供应也是满足大葱正常生长的前提。但在本研究中,硫供应不足时,大葱生长则没有受到抑制,这可能与植株处于营养生长前期有关^[19]。从大葱进行营养生长各个时期的养分需求特性来看,前期是养分需求量较小的时期^[20],植株用于维持植株正常代谢的硫的需求极低,供应少量的硫,就能满足植株的需要。但是本试验中,低硫处理的大葱植株中,70%的叶片已经出现失绿、干尖等缺硫症状。

本研究中,氮、硫交互作用显著影响大葱的生长、氮硫营养状况及含硫有机物含量。主要表现在低氮、低硫及低氮高硫条件下抑制植株对氮、硫营养

的吸收,降低其含硫有机物含量;低硫高氮条件下,也会抑制植株生长,同时也产生由于植株生长而引起的稀释作用导致含硫有机物含量降低;充足的氮硫养分供应促进植株生长,提高含硫有机物含量。过量氮素供应则产生毒害作用,抑制生长,降低含硫有机物含量。因此,充足的氮硫养分供应能够有效的促进大葱的生长,提高其含硫有机物含量。

参 考 文 献:

[1] Kodera Y, Suzuk A, Imada O *et al.* Physical, chemical, and biological properties of S-allylcysteine, an amino acid derived from garlic[J]. J. Agric. Food. Chem., 2002, 50: 622-632.

[2] Xiao H, Parkin K L. Antioxidant functions of selected *Allium Thiosulfonates* and S-alk(en)yl-L-cysteine sulfoxides[J]. J. Agric. Food. Chem., 2002, 50: 2488-2493.

[3] Schwimmer S, William J W. Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency[J]. J. Agric. Food. Chem., 1961, 9: 301-304.

[4] Yoo K S, Pike L, Crosby K *et al.* Differences in onion pungency due to cultivars, growth environment and bulb sizes[J]. Sci. Hortic., 2006, 110: 144-149.

[5] Guo T, Zhang J L, Christie P *et al.* Influence of nitrogen and sulfur fertilizers and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on yield and pungency of spring onion[J]. J. Plant Nutr., 2006, 29: 1767-1778.

[6] 江丽华,刘兆辉,张文君,等. 氮素对大葱产量影响和氮素供应目标值的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 890-896.

Jiang L H, Liu Z H, Zhang W J *et al.* Study on the effect of nitrogen on green Chinese onion yield and N supplying target value[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(5): 890-896.

[7] Koprivova A, Suter M, Camp R O *et al.* Regulation of sulfate assimilation by nitrogen in *Arabidopsis*[J]. Plant Physiol., 2000, 122: 737-746.

[8] Hawkins H J, Lewis O A M. Effect of NaCl salinity, nitrogen form, calcium and potassium concentration on nitrogen uptake and kinetics in

Triticum aestivum L. cv. Gamtoos[J]. New Phytol. ,1993 ,124 :171-177.

[9] Randle W M ,Bussard M L ,Warnock D F. Ontogeny and sulfur fertility affect leaf sulfur in short-day onions[J]. J. Am. Soc. Hortic. Sci. ,1993 ,118 :762-765.

[10] Hendershot W H. An inexpensive block digester for nitrogen determination in soil samples.[J]. Commun. Soil Sci. Plan. ,1985 ,16 :1271-1278

[11] Gaines T P ,Mitchell G A. Chemical methods for soil and plant analysis[M]. University of Georgia , Coastal Plain Experimental Station ,1979.

[12] Friedrich W , Schrader L E. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings[J]. Plant Physiol. ,1978 ,61 :900-903.

[13] Brunold C. Regulatory interactions between sulfate and nitrate assimilation[A]. De Kok L J ,Stulen I ,Rennenberg H *et al.* Sulfur nutrition and sulfur assimilation in higher plants[C]. The Hague , The Netherlands : SPB Academic Publishing ,1993. 61-75

[14] Takahashi H , Saito K. Subcellular localization of spinach cysteine synthase isoforms and regulation of their gene expression by nitrogen and sulfur[J]. Plant Physiol. ,1996 ,112 :273-280.

[15] Coolong T W ,Randle W M. Sulfur and nitrogen availability interact to affect the flavor biosynthetic pathway in onion[J]. J. Am. Soc. Hortic. Sci. ,2003 ,128 :776-783.

[16] Bloem E ,Silvia H ,Ewald S. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on the allin content of onions and garlic[J]. J. Plant Nutr. ,2004 ,27 :1827-1839.

[17] McCallum J , Noel P ,Bruce S *et al.* Sulfur and nitrogen fertility affects flavour of field-grown onions[J]. Plant Soil ,2005 ,269 :151-158.

[18] Randle W M. Increasing nitrogen concentration in hydroponic solutions affects onion flavor and bulb quality[J]. J. Am. Soc. Hortic. Sci. ,2000 ,125 :254-259.

[19] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants(2nd edn) [M]. San Diego : Academic Press ,1995.

[20] Hamilton B K ,Yoo K S ,Pike L M. Changes in pungency of onions by soil type , sulphur nutrition and bulb maturity[J]. Sci. Hortic. ,1998 ,74 :249-256.