

网络出版时间:2012-06-08 16:10

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20120608.1610.032.html>

不同施肥水平对日光温室番茄 产量和品质的影响

贺会强,陈凯利,邹志荣,李丽霞

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

[摘要] **【目的】**研究不同施肥水平对日光温室春茬番茄果实产量和品质的影响,为日光温室番茄的高产优质栽培确定合理的施肥指标。**【方法】**以“金棚一号”番茄为试材,以当地常规施肥为对照,设定 3 个不同的施肥水平(T1. 每小区的施肥量为尿素 711.1 g、过磷酸钙 1 511.1 g、硫酸钾 462.2 g、牛粪 46.67 kg; T2. 每小区的施肥量为尿素 1 066.7 g、过磷酸钙 2 266.7 g、硫酸钾 693.3 g、牛粪 70.00 kg; T3. 每小区的施肥量尿素 1 422.2 g、过磷酸钙 3 022.2 g、硫酸钾 924.3 g、牛粪 93.33 kg,小区面积 4.68 m²)处理,测定番茄果实产量及果实中 NO₃⁻-N、可溶性固形物、可溶性糖、有机酸、V_C、番茄红素的含量。**【结果】**与对照相比,T1、T2、T3 处理的番茄产量分别提高了 11.5%、43.4%和 25.5%,其中 T2 处理的单果质量、小区果数、产量均高于 T1 和 T3 处理。随着施肥量的增加,NO₃⁻-N、可溶性糖、可溶性固形物含量和糖酸比减小,番茄红素和有机酸含量呈上升趋势,V_C 含量呈先上升后下降趋势。**【结论】**综合考虑产量和品质因素,T2 处理的施肥量最佳。推荐的施肥量为:每 hm² 施 N 1 182.0 kg、P₂O₅ 655.5 kg、K₂O 835.5 kg、牛粪 168.75 t,在此施肥条件下,番茄可得到较高的产量和较好的品质。

[关键词] 施肥;日光温室番茄;产量;品质

[中图分类号] S641.206⁺.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2012)07-0135-06

Effects of different fertilization levels on yield and quality of greenhouse tomato

HE Hui-qiang, CHEN Kai-li, ZOU Zhi-rong, LI Li-xia

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** Under different fertilizer levels, the yield and quality of tomato in solar greenhouse in spring were explored, which can provide a theoretical evidence for the reasonable fertilization index to ensure the high quality and high yield of tomato in greenhouse cultivation. **【Method】** With tomato “Jin-peng No. 1” as experimental materials, taking local conventional fertilization as control treatment, setting 3 different fertilization levels (The fertilization amount T1 was carbamide 711.1 g, calcium superphosphate 1 511.1 g, potassium sulphate 462.2 g, cow dung 46.67 kg. The fertilization amount T2 was carbamide 1 066.7 g, calcium superphosphate 2 266.7 g, potassium sulphate 693.3 g, cow dung 70.00 kg. The fertilization amount T3 was carbamide 1 422.2 g, calcium superphosphate 3 022.2 g, potassium sulphate 924.3 g, cow dung 93.33 kg. The area was 4.68 m² per plot.), the yield of tomato and the content of NO₃⁻-N, soluble sugar, soluble solids, organic acids, lycopene and V_C in the fruit of tomato were investigated. **【Result】** The results showed that, compared with the control, the treatments of tomato yield were increased by

* [收稿日期] 2011-12-28

[基金项目] 国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-D-02)

[作者简介] 贺会强(1986—),男,山西临汾人,在读硕士,主要从事设施园艺生理生态研究。

[通信作者] 邹志荣(1956—),男,陕西延安人,教授,博士生导师,主要从事设施园艺研究。E-mail: zouzhihong2005@163.com

11.5%,43.4%,25.5%,where fruit weight,fruit number,area yield and yield per hm² of T2 treatment were higher than those of T1 and T3 treatments. With the increase of fertilization,the content of NO₃⁻-N,soluble sugar content,soluble solids content and the ratio of sugar to acid decreased,but lycopene and organic acid content showed an upward trend.【Conclusion】 Taking all the factors as a whole,T2 is the most suitable fertilizer. Therefore the recommended fertilization is N 1 182 kg,P₂O₅ 655.5 kg,K₂O 835.5 kg,cow dung 168.75 t per hm². Under this condition,the highest yield and best quality of tomato can be obtained.

Key words: fertilizer levels;greenhouse tomato;yield;quality

随着人民消费水平的不断提高,在满足日常的蔬菜消费之后,人们对蔬菜的安全性和品质要求越来越高^[1]。如何在高产的同时确保蔬菜的品质,仍然是一个需要继续深入研究的课题。番茄是设施蔬菜栽培中的主要品种,而日光温室作为一种具有中国特色的设施类型,在中国尤其是西北地区的发展非常迅速,研究日光温室中番茄的高产优质栽培技术具有重要的理论价值和实际意义。

施肥作为蔬菜栽培生产中的关键技术环节,对提高土壤肥力和促进蔬菜的生长起着重要的作用。对番茄而言,以往的施肥研究主要集中在氮^[2-3]、磷^[4-5]、钾肥^[6-7]单施或配施^[8-10]对番茄产量和品质的影响方面,而就高产目标下相同氮、磷、钾配比施肥对番茄产量和品质影响的研究较少。为此,本研究采用田间试验,分析相同氮、磷、钾配比下不同施肥水平对日光温室番茄产量和品质的影响,进而确定番茄合理的施肥指标,以期对日光温室番茄的高产优质栽培提供理论依据。

表 1 不同施肥处理每小区(4.68 m²)的施肥量

Table 1 Fertilization amount per plot (4.68 m²) under different fertilization treatments

处 理 Treatment	有机肥/kg Organic fertilizer		尿素/g Carbamide		过磷酸钙/g Calcium superphosphate		硫酸钾/g Potassium sulphate	
	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing
CK	63.36	0	91.7	458.3	1 760.3	0	156.5	313.0
T1	46.67	0	118.5	592.6	1 511.1	0	154.1	308.1
T2	70.00	0	177.8	888.9	2 266.7	0	231.1	462.2
T3	93.33	0	237.0	1 185.2	3 022.2	0	308.1	616.2

定植前按试验设计施入基肥。试验采用随机区组设计,每处理重复 3 次。自第 1 穗开花之日起,每隔 2 d 进行 1 次点花,点花药剂为 2,4-D,留 6 穗果后打顶。分别于第一、二、三、四、五穗果果实成熟期,将追肥随浇水分 5 次等量施入。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 产 量 每小区随机选取 10 株番茄进行单株产量测定,自第 1 穗果成熟开始,每 2 d 计产 1 次,记录单果质量、每穗果数和单株产量。每小区选取 28 株测定小区产量。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 试验品种 供试番茄品种为“金棚一号”,由陕西杨凌裕丰种业提供。

1.1.2 供试土壤状况 供试土壤有机质、全氮含量分别为 5.67,0.19 g/kg,碱解氮、速效磷和速效钾含量分别为 13.2,13.1 和 111.7 mg/kg。

1.1.3 肥 料 所用氮肥为尿素(含 N 46%),磷肥为过磷酸钙(含 P₂O₅ 14%),钾肥为硫酸钾(含 K₂O 50%),有机肥为充分腐熟的纯牛粪。

1.2 试验设计

试验于 2011 年在西北农林科技大学园艺场日光温室进行。试验采用槽培,槽长 5.2 m、宽 0.9 m,行距 40 cm,株距 30 cm,双行定植,每槽定植 28 株。从育苗至结果初期采用常规栽培管理。试验设 T1、T2、T3 3 个施肥处理,以当地常规施肥为对照(CK),各处理施肥量详见表 1。

1.3.2 果实品质 采集成熟度一致的第 2 穗果实进行品质测定,每小区采集 5 个果实,测定果实中的 NO₃⁻-N、可溶性固形物、可溶性总糖、有机酸、V_C 及番茄红素含量。NO₃⁻-N 含量测定采用 H₂SO₄-水杨酸法,可溶性固形物含量采用 Atago PAL-1 型数显糖度计测定,可溶性总糖含量采用蒽酮比色法测定,有机酸含量采用标准滴定法测定,V_C 含量采用钼蓝比色法测定^[11-13],番茄红素含量采用国家标准 GB/T 14215—2008 的方法测定^[14]。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 DPS 7.05 进行方差分析和显著性检验,采用 Microsoft Excel 2003 进行数据分析和图表制作。

2 结果与分析

2.1 不同施肥水平对番茄产量的影响

各种矿质元素肥料(尤其是氮肥)对蔬菜的生长

发育、增产、增收有显著的促进效果。表 2 显示,与对照相比,T1、T2、T3 处理番茄产量分别提高了 11.5%,43.4%和 25.5%,其中 T2 处理的单果质量、小区果数、小区果产量分别比对照提高了 28.5%,15.9%和 44.6%。方差分析结果表明,T2 处理上述指标均极显著优于对照,但 T2 与 T1、T3 处理之间的差异未达到显著水平。

表 2 不同施肥水平对番茄产量的影响

Table 2 Effects of different fertilizer levels on yield of tomato

处 理 Treatment	单果质量/g Fruit Weight	小区果数 The number of experimental plot	小区果产量/kg Experimental plot yield	产量/(t·hm ⁻²) Yield
CK	142.4 bB	471 bB	68.68 bB	168.00
T1	152.6 aAB	523 aAB	79.11 aA	187.25
T2	183.0 aA	546 aA	99.34 aA	240.92
T3	161.4 aAB	535 aAB	85.49 aAB	210.93

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$),标不同大写字母者表示差异极显著($P<0.01$)。下表同。
Note:The different small letters in each column indicated significant difference at $P<0.05$ level,different big letters in each column indicated significant difference at $P<0.01$ level. The following tables are the same.

2.2 不同施肥水平对番茄果实 NO₃⁻-N 含量的影响

植物体内 NO₃⁻-N 含量不仅可以反映植物氮素营养和土壤硝态氮供应的情况,而且作为评价鲜食蔬菜品质的一个重要指标,越来越受到人们的关注。不同施肥水平对番茄果实 NO₃⁻-N 含量的影响见图 1。

比对照低 1.22%和 21.06%。方差分析结果表明,T1、T2、T3 处理之间的差异分别达到了显著水平,但 T1、T2 处理与对照之间的差异均不显著。

2.3 不同施肥水平对番茄果实可溶性固形物含量的影响

果实可溶性固形物含量对番茄果实的营养价值、风味口感、品质产量等方面有着重要的影响,并且在植株耐冷抗逆及果实储藏、运输过程中的防冻等方面亦有重要作用,是番茄品质性状的重要指标之一。由表 3 可知,T1、T2、T3 处理之间的可溶性固形物含量差异分别达到极显著水平,其中 T1 处理的可溶性固形物含量最高,为 4.82%;T2 处理次之,为 4.58%;T3 处理最低,仅有 4.42%。T1 和 T2 处理的可溶性固形物含量均高于对照,其中 T1 处理极显著高于对照,但 T2 与对照差异不显著。

2.4 不同施肥水平对番茄果实可溶性糖、有机酸及糖酸比的影响

糖类、有机酸不仅是营养物质,也是番茄果实风味的主要构成物质。表 3 表明,3 个施肥处理中,随着施肥量的增多,番茄果实可溶性糖含量、糖酸比总体上呈下降趋势,有机酸含量呈上升趋势。与对照相比,T1、T2、T3 处理番茄果实中的可溶性糖含量分别提高了 82.1%,7.8%和 7.8%。T1 处理果实中的可溶性糖含量极显著高于其他处理,但 T2、T3 处理与对照之间的差异未达显著水平。各施肥处理的有机酸含量与对照相比均有不同程度的下降,其

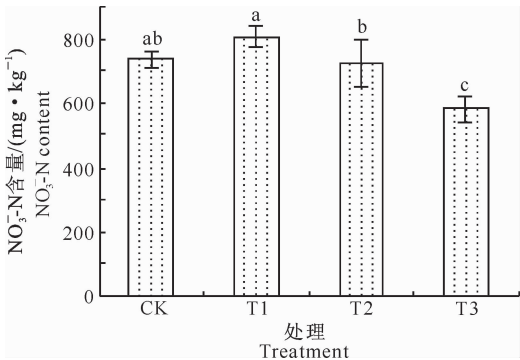


图 1 不同施肥水平对番茄果实 NO₃⁻-N 含量的影响
标不同小写字母者表示差异显著($P<0.05$)
Fig.1 Effects of different fertilizer levels on NO₃⁻-N content of tomato fruits
Different letters in different column show significant difference among treatments($P<0.05$)

图 1 显示,T1、T2、T3 处理番茄果实中的 NO₃⁻-N 含量分别达到 809.4,727.6 和 581.7 mg/kg。T1 处理果实的 NO₃⁻-N 含量比对照高 9.92%,而 T2、T3 处理果实中的 NO₃⁻-N 含量分别

中 T1 处理的有机酸含量最低,仅为 0.33%;T2 处理次之,为 0.34%;T3 处理最高,为 0.39%。与对照相比,T1、T2、T3 处理有机酸含量分别降低了 19.5%,17.1%和 4.9%。方差分析结果表明,T1 和 T2 处理的有机酸含量极显著低于对照,但 T3 处理与对照之间的差异未达显著水平。

2.5 不同施肥水平对番茄果实 V_C 含量的影响

V_C 含量是蔬菜营养品质的重要指标之一。从表 3 可以看出,随着施肥量的增加,V_C 含量呈现先增加后降低的变化趋势。T2 处理的 V_C 含量较 T1、T3 处理和对照分别高 45%,69%,54%,且差异

达到显著水平;但 T1、T3 处理与对照之间差异未达显著水平。

2.6 不同施肥水平对番茄果实番茄红素含量的影响

番茄红素是自然界最强的抗氧化剂,能保护细胞 DNA 免受自由基损害,防止细胞病变、突变、癌变,能促进细胞生长和再生。由表 3 可知,与对照相比,T1、T2、T3 处理的番茄红素含量分别提高了 24.1%,24.3%和 45.3%。方差分析结果表明,T1、T2、T3 处理的番茄红素含量均明显高于对照,但 T1、T2、T3 处理间的差异未达显著水平。

表 3 不同施肥水平对番茄果实品质的影响
Table 3 Effects of different fertilization levels on tomato fruit quality

处 理 Treatment	可溶性固形物/% Soluble solids	可溶性糖/% Soluble sugar	有机酸/% Organic acid	糖酸比 Sugar-acid ratio	V _C / (mg · kg ⁻¹)	番茄红素/(μg · g ⁻¹) Lycopene
CK	4.54±0.05 bBC	3.19±0.10 bB	0.41±0.02 aA	7.74	141.1±19.1 bB	88.69±4.76 bA
T1	4.82±0.08 aA	5.81±0.22 aA	0.33±0.01 bB	17.33	149.5±8.7 bB	109.26±15.67 abA
T2	4.58±0.04 bB	3.44±0.59 bB	0.34±0.02 bB	10.39	217.2±17.1 aA	110.12±7.54 abA
T3	4.42±0.10 cC	3.44±0.59 bB	0.39±0.02 aA	8.76	128.6±9.2 bB	128.72±12.15 aA

3 讨论与结论

番茄以果实作为经济产物,其产量不仅受光、温等环境条件和水肥供应情况的影响,同时也受田间管理方式的影响。本研究在番茄植株单干整枝、留 6 穗果打顶的条件下,探讨了不同施肥水平对番茄产量和品质的影响,但因整枝方式^[15]及基肥与追肥比例的不同^[4],都会对产量造成影响,因此关于这方面的研究还有待深入。

关于施肥量对番茄产量的影响,有研究表明,不同施肥水平之间番茄单果质量差异不明显,但各处理间总产量有一定的差异,在理论上的最佳施肥量条件下产量达到最高,再加大施肥量,单果质量和总产量均有不同程度的下降^[16]。也有研究表明,在相同的磷、钾肥用量下,产量与氮肥用量的关系呈抛物线型,即随着氮肥施用量的增加,产量提高,进一步加大施氮量会导致产量下降^[17]。本试验结果表明,在一定范围内,随着施肥量的增加,单果质量、小区果数、产量均呈上升趋势;若再加大施肥量,则上述 3 项指标均会有不同程度的下降。

适宜的糖酸含量和糖酸比是番茄果实风味品质形成的基础。果实要有好的口感,在要求较高的糖含量的同时,也要求果实具有一定的酸含量。为此,人们常将糖酸比作为评价番茄风味品质的一项重要指标,一般认为,合适的糖酸比应在 6.0 以上,糖酸比越小,则番茄果实的风味品质越差^[18]。本研究

中,随着施肥量的增加,番茄果实中可溶性糖含量下降,有机酸含量上升,可溶性糖含量与有机酸含量相反的变化趋势决定了糖酸比下降。T3 处理(高肥)和对照(常规施肥)番茄果实的糖酸比相对较低,说明超量施肥和不合理施肥均会降低番茄果实的风味品质。

大量试验结果表明,施用过量氮肥可导致蔬菜中硝酸盐大量积累^[19-21],这与本试验结果相似。本试验中,T1、T2、T3 处理番茄果实中 NO₃⁻-N 含量分别为 809.4、727.6 和 581.7 mg/kg,即除 T3 处理 NO₃⁻-N 含量低于国家无公害蔬菜硝酸盐含量标准(600 mg/kg)外^[22],其余处理均不同程度地高于该标准。一般而言,番茄果实中 NO₃⁻-N 含量高与氮肥的施用量较大有直接关系。但本研究中,T2、T3 处理番茄果实中 NO₃⁻-N 含量反而较 T1 处理低,这是因为随着施肥量的增加,不仅施氮量在增加,有机肥与磷、钾肥的绝对施用量也在增加,而有有机肥与磷、钾肥,特别是磷肥的施用会提高番茄果实中硝酸还原酶的活性,进而降低果实中硝酸盐的含量^[23-24]。

Takebe 等^[25]和闵炬等^[26]的研究认为,在最佳施氮量范围内,蔬菜 V_C 含量随着施氮量的增大而增加,超过最佳施氮量后 V_C 含量随着施氮量的增加而降低,这是因为过量施氮会导致植物体内氮素的大量积累和非氮源营养成分 V_C 含量的降低,这也是本研究中,随着施肥量的增加 V_C 含量先增后

降的原因。

综合产量和品质 2 个因素考虑,T2 处理的施肥量最佳,推荐的施肥量为:每 hm^2 施 N 1 182.0 kg、 P_2O_5 655.5 kg、 K_2O 835.5 kg、牛粪 168.75 t。在此施肥条件下,番茄可得到较高的产量和较好的品质。

[参考文献]

[1] 周泽义,胡长敏,王敏健,等.中国蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐污染因素及控制研究[J].环境科学进展,1998,7(5):1-13.
Zhou Z Y, Hu C M, Wang M J, et al. The nitrate and nitrite contamination in vegetables and its control in China [J]. Advances in Environmental Science, 1998, 7 (5): 1-13. (in Chinese)

[2] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等.不同施氮模式对日光温室番茄产量、品质及土壤肥力的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(1):158-165.
Jiang H M, Zhang J F, Yang J C, et al. Effects of different models of applying nitrogen fertilizer on yield and quality of tomato and soil fertility in greenhouse [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2010, 16(1): 158-165. (in Chinese)

[3] 姜慧敏,张建峰,杨俊诚,等.不同氮肥用量对设施番茄产量、品质和土壤硝态氮累积的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(12):2338-2345.
Jiang H M, Zhang J F, Yang J C, et al. Effects of different treatments of nitrogen fertilizer on yield, quality of tomato and soil NO_3^- -N accumulation in vegetable-greenhouse [J]. Journal of Agro-Environment Science, 2010, 29 (12): 2338-2345. (in Chinese)

[4] 宋君柳.磷肥基肥与追肥不同比例对番茄品质的影响[J].湖北农业科学,2009,48(4):813-814.
Song J L. Effects of different application proportions of phosphate fertilizer as basal and topdressing on quality of tomato [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2009, 48 (4): 813-814. (in Chinese)

[5] 高美玲.磷对番茄产量和品质影响的研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2003.
Gao M L. Study on the effects of phosphorus on tomato yield and quality [D]. Haerbin: Northeast Agricultural University, 2003. (in Chinese)

[6] 张炎,马海刚,徐万里,等.施钾对加工番茄产量与品质的影响[J].中国土壤与肥料,2008(3):40-43.
Zhang Y, Ma H G, Xu W L, et al. Effect of potassium application on yield and quality of processing tomato [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2008(3): 40-43. (in Chinese)

[7] 杨小燕,卜玉山,段小柱.施钾对番茄产量和品质效应研究[J].新疆农业科学,2005,42(4):272-275.
Yang X Y, Bo Y S, Duan X Z. Effects of potassium on yield and quality of tomato [J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2005, 42 (4): 272-275. (in Chinese)

[8] 高新昊,张志斌,郭世荣.氮钾化肥配合追施对日光温室番茄越冬长季节栽培产量与品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):375-378.
Gao X H, Zhang Z B, Guo S R. Effects of combined top application of inorganic nitrogen and potassium on the yield and quality of overwintering tomato in greenhouse [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11(3): 375-378. (in Chinese)

[9] 齐红岩,李天来,周璇,等.不同氮钾水平对番茄产量、品质及蔗糖代谢的影响[J].中国农学通报,2005,21(11):251-255, 337.
Qi H Y, Li T L, Zhou X, et al. Effects of different nitrogen and potassium levels on yield, quality and sucrose metabolism of tomato [J]. Chinese Science Bulletin, 2005, 21 (11): 251-255, 337. (in Chinese)

[10] 孙红梅,李天来,须晖,等.不同氮水平下钾营养对大棚番茄产量及品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2000,31(1):68-71.
Sun H M, Li T L, Xu H, et al. Effects of potassium fertilizers on yield and quality of tomato under different application of nitrogen fertilizers [J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2000, 31(1): 68-71. (in Chinese)

[11] 高俊凤.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2005.
Gao J F. Experimental guidance for plant physiology[M]. Beijing: Higher Education Press, 2005. (in Chinese)

[12] 孙群,胡景江.植物生理学研究技术[M].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2006.
Sun Q, Hu J J. Research technology of plant physiology[M]. Yangling, Shaanxi: Northwest A&F University Press, 2006. (in Chinese)

[13] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000.
Li H S. Principle and experimental technology of plant physiology and biochemistry[M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.

[14] 中华人民共和国国家技术监督局.GB/T 14215—2008 附录 A:番茄酱中番茄红素的测定方法[S/OL].(2010-05-03)[2012-04-01].<http://www.docin.com/p-52772705.html>.
State Bureau of Quality and Technical Supervision of PRC. GB/T 14215—2008 Appendix A: Determination of lycopene in tomato sauce [S/OL]. (2010-05-03)[2012-04-01]. <http://www.docin.com/p-52772705.html>. (in Chinese)

[15] 袁成标,薛保华,王海龙,等.不同整枝方式对早春大棚番茄的影响[J].吉林蔬菜,2007(3):90.
Yuan C B, Xue B H, Wang H L, et al. Affect of early tomato in tunnel on different style of pruning [J]. Jilin Vegetables, 2007(3): 90. (in Chinese)

[16] 张国红.施肥水平对日光温室番茄生育和土壤环境的影响[D].北京:中国农业大学,2004.
Zhang G H. Effect of fertilization levels on growth development of tomato and soil environment in hello-greenhouse [D]. Beijing: China Agricultural University, 2004. (in Chinese)

[17] 沙海宁,孙权,李建设,等.不同施氮量对设施番茄生长与产

量的影响及最佳用量 [J]. 西北农业学报, 2010(3): 104-108.

Sha H N, Sun Q, Li J S, et al. Effect of N fertilizer on growth, yield, quality of tomato and optimum application rate of N in greenhouse [J]. Acta Agriculture Boreali-occidentalis Sinica, 2010(3): 104-108. (in Chinese)

[18] 徐明磊. 番茄高可溶性固形物种质的创造及相关基因的差异表达研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2006.

Xu M L. Establishment of new tomato breeding germplasm of increasing soluble solids content and differential expression of genes related soluble solids content in tomato [D]. Chongqing, Southwest University, 2006. (in Chinese)

[19] 王朝辉, 田霄鸿. 叶类蔬菜的硝态氮累积及成因研究 [J]. 生态学报, 2001, 21(7): 1136-1141.

Wang C H, Tian X H. The cause of nitrate accumulation in leafy vegetables [J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(7): 1136-1141. (in Chinese)

[20] 王朝辉, 李生秀. 不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.

Wang C H, Li S X. Influence of nitrogen rates on nitrate accumulation in vegetables [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 1998, 4(1): 22-28. (in Chinese)

[21] 王荣萍, 蓝佩玲, 李淑仪, 等. 氮肥品种及施肥方式对小白菜产量与品质的影响 [J]. 生态环境, 2007(3): 1040-1043.

Wang R P, Lan P L, Li S Y, et al. Effects of different nitrogen fertilizers and fertilization patterns on yield and quality of *Brassica chinensis* [J]. Ecology and Environment, 2007(3): 1040-1043. (in Chinese)

[22] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. GB 18406. 1—2001 农产品安全质量无公害蔬菜安全要求[S/OL]. (2009-06-17) [2012-04-01]. <http://www.docin.com/p-24503915.html>.

General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of P R C. GB 18406. 1—2001 Safety qualification for agricultural product-Safety requirements for non-environmental pollution vegetable [S/OL]. (2009-06-17) [2012-04-01]. <http://www.docin.com/p-24503915.html>. (in Chinese)

[23] 崔文芳, 王俊超. 不同施肥结构对番茄营养品质和硝酸盐含量的影响 [J]. 长江蔬菜, 2008(9b): 33-36.

Cui W F, Wang J C. Effect of different fertilization structure on nutritional quality and sulfate nitrate of tomato [J]. Journal of Changjiang Vegetable, 2008(9b): 33-36. (in Chinese)

[24] 韩晓玲, 张乃文, 贾敬芬. 生物有机无机复混肥对番茄产量、品质及土壤的影响 [J]. 土壤肥料, 2005(3): 51-53.

Han X L, Zhang N W, Jia J F. Effects of biological organic-inorganic compound fertilizer on yield, quality of tomato and soil [J]. Soils and Fertilizers, 2005(3): 51-53. (in Chinese)

[25] Takebe M, Yoneyama, Tad A. Plant growth and ascorbic acid I : Changes of ascorbic acid concentrations in the leaves and tubers of sweet potato (*Ipomea batatas* Lam.) and potato (*Solanum tuberosum* L.) [J]. Nippon Dojo Hiriyogaku Zasshi, 1992, 63(4): 447-454.

[26] 闵 炬, 施卫明. 不同施氮量对太湖地区大棚蔬菜产量、氮肥利用率及品质的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(1): 151-157.

Min J, Shi W M. Effects of different N rates on the yield, N use efficiency and fruit quality of vegetables cultivated in plastic greenhouse in Taihu lake region [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2009, 15(1): 151-157. (in Chinese)

(上接第 134 页)

[39] 史 宇, 余新晓, 岳永杰, 等. 北京山区天然侧柏林种内竞争研究 [J]. 北京林业大学学报, 2008(S2): 36-40.

Shi Y, Yu X X, Yue Y J, et al. Intraspecific competitions in *Platycladus orientalis* natural forests in Beijing mountainous area [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008(S2): 36-40. (in Chinese)

[40] 王政权, 吴巩固, 王军邦. 利用竞争指数评价水曲柳落叶松种内种间空间竞争关系 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 641-645.

Wang Z Q, Wu G S, Wang J B. Application of competition index in assessing intraspecific and interspecific spatial relations between *Manchurian ash* and *Dahurian larch* [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2000, 11(5): 641-645. (in Chinese)

[41] 阳含熙, 伍业钢. 长白山自然保护区阔叶红松林林木种属组成、年龄结构和更新策略的研究 [J]. 林业科学, 1988(1): 20-29.

Yang H X, Wu Y G. Tree composition, age structure and regeneration strategy of the mixed broadleaf Korean pine forest in Changbaishan Biosphere Reserve, China [J]. Scientia Silvae Sinicae, 1988(1): 20-29. (in Chinese)

[42] 黄新峰, 亢新刚, 孙 玲, 等. 红松单木断面面积生长模型 [J]. 西北林学院学报, 2011, 26(3): 143-146.

Huang X F, Kang X G, Sun L, et al. Establishment of individual basal area growth model of Korean pine [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(3): 143-146. (in Chinese)

[43] 任瑞娟, 亢新刚, 杨 华. 天然林单木生长模型研究进展 [J]. 西北林学院学报, 2008, 23(6): 203-206.

Ren R J, Kang X G, Yang H. Review on growth model of individual-tree in natural forest [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(6): 203-206. (in Chinese)