植物营养与肥料学报 2010,16(5):1232 - 1237
Plant Nutrition and Fertilizer Science

施用钾肥对温室黄瓜光合特性及产量的影响

杨 阳[1,2], 徐福利[1*], 陈志杰[3]
(1 中国科学院、水利部水土保持研究所,西北农林科技大学,陕西杨凌 712100;
2 中国科学院研究生院,北京 100049; 3 陕西省动物研究所,陕西西安 710037)

摘要: 通过温室田间试验,研究施 K_2O 0、240、480、720、960 kg/hm^2 等 5 个钾肥处理对津春 3 号黄瓜光合特性、产量、效益和品质的影响。结果表明,施 K_2O 720 kg/hm^2 时,黄瓜的净光合速率最高; 施 K_2O 240 kg/hm^2,黄瓜的叶面积和叶数最大。随着钾肥施用量增加,黄瓜的光合作用呈现先增高后降低的过程,钾肥量与黄瓜叶片净光合速率(Pn)的关系式为 $y = -4.160 + 4.5307x - 0.6693x^2$, $r = 0.9470^{**}$。施钾肥能够提高叶绿素含量,钾肥量与叶绿素含量增量 SPAD 值关系式为 $y = -6.66 + 7.406x\ 8 - 0.97x^2$, $r = 0.9836^{**}$。施用钾肥对黄瓜的前期结瓜作用明显,前期施用钾肥,结瓜数量和产量增加显著。施用钾肥黄瓜增产 14.7%～53.5%; 施 K_2O 720 kg/hm^{2}时,黄瓜产量和经济效益最高。施用钾肥使黄瓜提前结果,并延长了黄瓜的结果期。施用钾肥改善黄瓜品质,在 K_2O 240～720 kg/hm^{2}范围内,随着 K_2O 量增加,黄瓜果实中可溶性糖含量、Vc 含量逐渐增加, 硝酸盐含量降低。

关键词: 日光温室; 黄瓜; 钾肥; 光合特性; 品质
中图分类号: S642.2.601　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1008-505X(2010)05-1232-06

Effects of potassium fertilization on photosynthetic characteristics and yield of cucumber in solar greenhouse

YANG Yang[1,2], XU Fu-li[1*], CHEN Zhi-jie[3]
(*1 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resource, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;*
2 Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3 Shaanxi Institute of Zoology, Xi'an, Shaanxi 710037, China)

Abstract: The effects of potassium fertilization on photosynthetic characteristics, yield, economic benefit and quality of cucumber(Jinchun 3) were studied in the solar greenhouse. There were five levels of potassium fertilization, K_2O 0, 240, 480, 720 and 960 kg/ha. The results showed that the net photosynthetic rate is highest under the level of K_2O 720 kg/ha, while the area and number of leaves are the largest under the level of K_2O 240 kg/ha. With the increasing of potassium application rate, photosynthesis of cucumber is increased at first then decreased, and the equation between K rate and net photosynthetic rate is $y = -4.160 + 4.5307x - 0.6693x^2$ ($r = 0.9470^{**}$). The chlorophyll content is increased with the application of potassium fertilizer, and the relation model between chlorophyll ΔSPAD volume and the potassium fertilizer application rate is $y = -6.66 + 7.406x\ 8 - 0.97x^2$ ($r = 0.9836^{**}$). It is obvious that with the increasing of potassium fertilizer rate at the early stages, the yield is significantly increased from 14.7% to 53.5%. The highest yield and benefit of cucumber are under the K_2O 720 kg/ha fertilization. The fruit-bearing stage of cucumber is advanced and prolonged by the fertilizer application, and the quality of cucumber is also improved. Contents of soluble sugar and vitamin C of fruits are increased under the K_2O 240-720 kg/ha fertilization, while, the nitrate contents are decreased.

Key words: solar greenhouse; cucumber; potassium fertilizer; photosynthetic characteristic; quality

收稿日期: 2009-07-20　　**接受日期**: 2010-02-21
基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01); 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B07)资助。
作者简介: 杨阳(1984—),女,北京人,硕士研究生,主要从事研究方向是施肥对生态环境的影响。E-mail: anchen73@yahoo.com.cn
* 通讯作者 E-mail: xfl-163@163.com

随着日光温室蔬菜产量的提高和复种指数的加大,以及氮磷化肥的大量施用,日光温室土壤钾素供应失调,一些蔬菜生长出现明显的缺钾症状,产量和经济效益下降,影响了日光温室蔬菜产业的发展。研究日光温室蔬菜养分平衡,科学合理的施用钾肥,改善和提高温室蔬菜产量和品质,成为重要的研究课题[1-4]。蔬菜是喜钾作物,蔬菜对主要营养元素氮磷钾吸收量为钾 > 氮 > 磷,每茬蔬菜从土地中吸取的钾量是氮量的 1.5 ~ 2.0 倍,钾肥对温室蔬菜的产量和品质非常重要。钾素在植物体内能激活各种酶活化,促进光合作用,提高作物抗旱抗寒性等[5-8]。在黄土高原日光温室蔬菜生产中,重视施用氮肥和磷肥,忽视施用钾肥,严重影响了蔬菜生长和对氮、磷养分的吸收。土壤氮磷钾养分失调,过多的 NO_3^--N 已造成土壤次生盐渍化,同时也造成地下水的 NO_3^--N 污染[1]。但是有关黄土高原区温室蔬菜施用钾肥对蔬菜生长及产量的影响尚未见报道,因此研究钾肥肥效及对蔬菜生长发育的影响,对提高温室蔬菜产量和改善品质,提高氮磷肥利用率,减少土壤 NO_3^--N 累积就显得十分重要。本试验主要研究日光温室黄瓜施用钾肥的效果,以及其对黄瓜光合特性、产量、经济效益和品质的影响,旨在为黄土高原地区日光温室蔬菜的高产栽培、施肥管理和设施农业可持续发展提供理论和技术依据。

1　材料与方法

1.1　试验设计

试验在陕北黄土高原区安塞县日光温室蔬菜示范基地(36°39′29″N, 109°26′25.3″E,海拔 987 m)进行。该日光温室建成 7 年,钢架结构,长 55 m,宽 7.5 m。土壤为黄绵土,其基础肥力:有机质 9.55 g/kg,全 N 0.614 g/kg,速效 N 68.6 g/kg,全 P 0.641 g/kg,速效 P 30.43 mg/kg,速效 K 103.65 mg/kg,pH 7.8。前茬作物西红柿的施肥量为 N 700 kg/hm^2,有机肥 52500 kg/hm^2。试验时去掉所有植物残体,耕翻深度 40 cm。

试验在施 N 480 和 P_2O_5 360 kg/hm^2 的基础上,设 5 个钾肥用量处理:即施 K_2O 0、240、480、720、960 kg/hm^2,分别以 K0、K240、K480、K720、K960 表示。4 次重复,完全区组设计,随机排列。试验用肥料种类为尿素(含 N 46%)、磷肥(普通过磷酸钙,含 P_2O_5 14%)、钾肥(硫化钾,含 K_2O 50%)。磷肥和钾肥在整地时全部一次底施;氮肥的 1/4 做基肥,其余用量分 2 次追施。供试作物黄瓜(*Cucumis sativus* L.),品种为津春 3 号,种植密度为 48000 株/hm^2。2008 年 11 月 3 日定植,2009 年 6 月 12 日收获结束。小区面积 1.2 m × 6.0 m,种植两行黄瓜,定苗 40 株,试验过程采用综合病虫害防治技术,膜下滴灌方式。

1.2　测定项目与方法

在黄瓜生长期间,测定不同处理的光合作用参数、叶绿素含量,并取样测定黄瓜的品质。记录每次各处理的黄瓜产量及数量,同时测量记录黄瓜的生长发育状况。

净光合速率(Pn),采用 LI-6400 便携式光合仪(美国产)测定。测定时间在晴天中午 11:00 ~ 12:00,开放气路系统,CO_2 浓度 340 ~ 360 μL/L,光通量密度 1200 μE/(m^2 · s)左右,每处理重复测定 5 个叶片,取平均值。测定时间为 1 月 23 日、3 月 13 日。

叶绿素 SPAD 值测定:采用 SPAD-502 型叶绿素计(日本产)测定叶片的 SPAD 值[9-10]。在黄瓜整个生长发育过程中,从定植到黄瓜结果时期,即生长前期(1 月 12 日)、生长中期(1 月 30 日,2 月 12 日)、生长后期(3 月 8 日,4 月 16 日)共测 5 次,测定时用黄瓜展开的叶片中部,避开叶脉和有损伤的部位,每个小区随机选取 10 片长势一致,无外表损伤的叶片,取平均值。

可溶性糖、Vc 及硝酸盐含量测定:以成熟瓜为样品,各处理每次取 3 条生长正常的瓜条,切取瓜条的上、中、下部位各一小段,捣碎混匀,分别称取等量 3 份做重复。用蒽酮比色法和浓 H_2SO_4-水杨酸法测定果实的可溶性糖和硝酸盐含量;维生素 C 含量采用 2,6-二氯靛酚滴定法[11]测定。

试验数据采用 Microsoft Excel 2003 和 SAS 统计软件进行分析。

2　结果与分析

2.1　不同钾肥用量对黄瓜光合特性的影响

2.1.1 对黄瓜叶片净光合速率影响的比较　不同钾肥用量对黄瓜生长状况和黄瓜叶片净光合速率(Pn)的影响(表 1)看出,1 月 23 日、3 月 13 日两次测定结果表明,随着钾肥施用量的增加,黄瓜叶片 Pn 增强;但当钾肥用量达到 K_2O 960 kg/hm^2,光合作用反而降低。钾肥施用量与黄瓜叶片 Pn 增加值的回归关系式分别为:

1 月 23 日　$y = -4.160 + 4.5307x - 0.6693x^2$; $r = 0.8908^{**}$

3月13日 $y = -6.452 + 6.9041x - 0.9579x^2$；$r = 0.9470^{**}$

适宜施钾量提高了黄瓜的光合效率，有利于有机物质的合成，为日光温室黄瓜的增产奠定了基础。

表1还看出，低施钾量对黄瓜的株高无明显影响，但施 K_2O 720～960 kg/hm^2，株高却有所下降。这可能是钾肥用量多，黄瓜结果数量多，消耗的养分也多，因而影响了黄瓜生长。施用钾肥对黄瓜叶片数量没有影响，这个主要由遗传特性决定。

表1 不同钾肥用量对黄瓜叶片净光合速率和黄瓜生长的影响

Table 1 Effect of different potassium fertilizer application rates on net photosynthetic rate and plant growth of cucumber

处理 Treatment	植株高度 Plant height (cm)	叶片数量 No. of leaves (No./plant)	叶片面积 Area of leaves (cm^2/plant)	净光合速率 Net photosynthetic rate [CO_2 μmol/(m^2·s)]	
				23, Jan.	13, Mar.
K0	95±12 aA	11.5±0.2 aA	260.19±26 bB	6.23±0.08 cC	8.12±0.15 cC
K240	105±13 aA	12.4±0.3 aA	290.16±31 aA	8.18±0.24 bB	10.31±0.32 bB
K480	95±11 aA	11.4±0.4 aA	271.68±36 aA	9.03±0.18 aA	11.73±0.41 aA
K720	83±4 bB	10.2±0.2 aA	281.50±32 aA	10.69±0.31 aA	13.91±0.37 aA
K960	89±5 bB	11.1±0.3 aA	269.04±33 aA	7.49±0.25 bB	12.06±0.19 aA

注(Note)：数值后不同大、小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平 Values followed by different capital and small letters are significant at 1% and 5% levels, respectively.

2.1.2 对黄瓜叶绿素含量的影响 叶绿素(Chl)含量与SPAD值具有密切关系[10]。图1显示，在黄瓜生长前期(1月12日)，随着钾肥用量的增加，叶片SPAD值增加。这是施用钾肥能维持叶细胞的渗透势，确保叶绿素不被破坏；同时，钾是60多种酶的活化剂，提高了酶活性，有利于叶绿素的合成，提高光合速率。

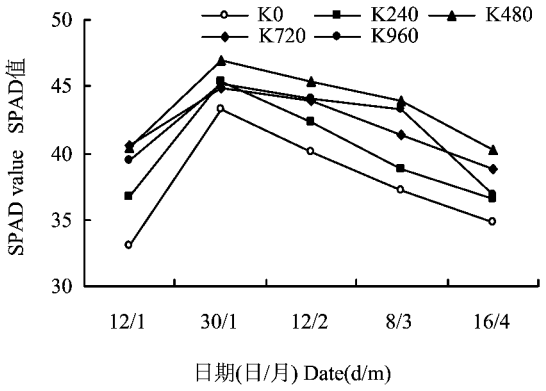

图1 在不同钾肥用量下黄瓜叶绿素SPAD值的动态变化

Fig. 1 Dynamic changes of chlorophyll SPAD value of cucumber under different potassium application rates

黄瓜旺盛生长时期(1月30)，SPAD值迅速增加；到黄瓜的盛产期(2月12日至3月8日)，黄瓜的叶绿素含量有下降的趋势，这一时期是黄瓜大量结果的高产期。黄瓜生长后期(4月16)，SPAD值明显降低，主要是黄瓜的养分向果实转移，减少了叶绿素合成的物质供应。但是施用钾肥可以减缓叶绿素下降的速度，为后期的黄瓜生长提供光合产物。钾肥施用量与SPAD增量之间的关系式为：

$y = -6.66 + 7.406x\ 8 - 0.97x^2$，$r = 0.9917^{**}$。

2.2 钾肥对黄瓜产量和经济效益的影响

2.2.1 对黄瓜产量的影响 表2看到，黄瓜产量随着施钾量的增加而增加，当施肥量达到 K_2O 720 kg/hm^{2}时，黄瓜产量最高，增产率达53.5%；但钾肥过量施用(K_2O 960 kg/hm^2)，黄瓜增产量又有所降低，说明钾肥要有一个科学合理的施用量。在黄土高原日光温室黄瓜现有施肥和管理水平下，黄瓜施 K_2O 720 kg/hm^2 时较为适宜。

表2还看出，随着钾肥的用量提高，黄瓜单果重和结果数量增加。施 K_2O 720 kg/hm^2 时，单果重比对照增加18.7%，结果数量增加31.6%，均达到极显著水平。施 K_2O 960 kg/hm^2 时，单果重仍有提高，但与 K_2O 720 kg/hm^2 无明显差异。经济效益分析也表明，施 K_2O 720 kg/hm^2 时经济效益最高，其次是施 K_2O 960 kg/hm^2 的，施钾肥用量少的经济效益低。

2.2.2 对黄瓜结瓜期的影响 黄瓜是无限花序，结瓜是一个连续的过程，结瓜期反映黄瓜整个生育期结瓜数量的分配变化。日光温室是反季节栽培，前期黄瓜市场价格高，因此希望前期黄瓜结瓜数量要多，产量高。从整个黄瓜的结瓜期(图2)看出，施用

表 2　不同钾肥用量对黄瓜产量和经济效益的影响

Table 2　Effects of different potassium fertilizer applications on cucumber yield and benefit

处理 Treatment	产量 Yield		单果重 Weight per fruit		结果数量 No. of fruit		效益 Benefit	
	(kg/plot)	(±%)	(g/fruit)	(±%)	(No./plan)	(±%)	(Yuan/plot)	(Yuan/hm^2)
K0	61.95 ±2.21 D		225 ±23 C		9.5 ±0.3 c		92.93	
K240	71.75 ±1.53 C	14.7	245 ±27 B	8.8	10.4 ±0.4 b	9.5	107.63	19920
K480	75.03 ±2.02 C	21.1	247 ±31 B	9.7	11.0 ±0.3 a	15.8	112.55	26290
K720	95.10 ±4.97 A	53.5	267 ±41 A	18.7	12.5 ±0.5 a	31.6	142.65	67610
K960	80.48 ±1.21 B	29.9	283 ±28 A	25.7	10.2 ±0.7 b	7.3	120.72	36680

注(Note): 数值后不同大、小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平 Values followed by different capital and small letters are significant at 1% and 5% levels, respectively. 黄瓜价格 Cucumber price is ￥1.5 Yuan/kg; 硫酸钾价格 Potassium sulfate price is ￥2200 Yuan/t.

钾肥增加了黄瓜的产量。结瓜前期由于温度较低,黄瓜的产量较低,但施用钾肥的黄瓜结瓜量高于对照;随着温度的增加,正是黄瓜的盛产期(2 月到 3 月),施钾肥对黄瓜产量作用最大。不同钾肥用量可看出,施用不同量钾肥对结瓜前期影响较小,但是随着生长期的延长,施钾量高的处理,结瓜期延长,产量较高;结瓜后期,由于产量较低,需钾量减少,钾肥效果较差。

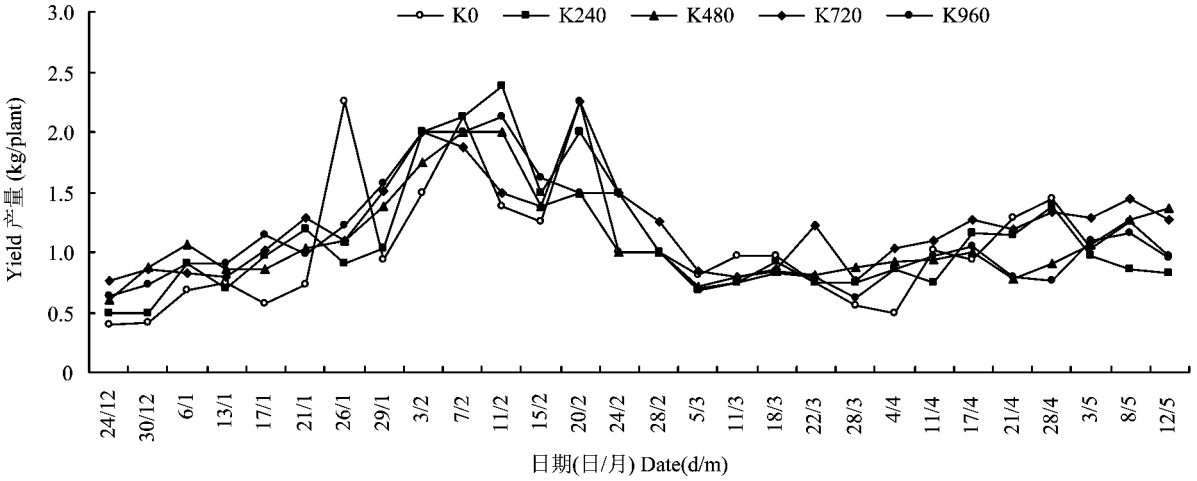

图 2　钾肥不同用量对黄瓜结瓜期产量的影响

Fig. 2　Effects of different potassium fertilizer application rates on the yield of cucumber in fruit-bearing stage

2.3　钾肥对日光温室黄瓜品质的影响

可溶性糖、Vc 和硝酸盐含量高低是评价黄瓜品质优劣的几个重要指标。表 3 表明,在 K_2O 240 ~ 720 kg/hm^2 范围内,随施钾量的提高黄瓜果实中可溶性糖、Vc 含量呈升高趋势;黄瓜果实的硝酸盐含量均随着施钾量的提高而降低,K_2O 用量与黄瓜果实的硝酸盐含量呈显著负相关: $y = 0.3708 - 0.0332X$, $r = -0.9938^{**}$。说明施用钾肥对日光温室黄瓜的品质改善有重要作用。

表 3　钾肥不同处理对黄瓜品质的影响

Table 3　Effects of different potassium application rates on quality of cucumber

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar (g/kg, FW)	Vc 含量 Vc content (mg/kg, FW)	硝酸盐含量 Nitrate content (g/kg, FW)
K0	30.76 ±1.45	65.72 ±7.94	0.341 ±0.032
K240	30.87 ±1.45	71.24 ±8.45	0.302 ±0.034
K480	33.17 ±2.33	81.37 ±9.44	0.264 ±0.041
K720	33.82 ±1.75	82.55 ±7.89	0.246 ±0.012
K960	32.65 ±2.32	71.24 ±9.76	0.203 ±0.019

3　讨论和结论

在黄土高原地区,过去研究认为农作物施用钾

肥效果不明显,没有重视钾肥的施用。近年来,日光温室蔬菜生产得到迅速发展,取得明显的经济效益。但为了追求高利益,在日光温室蔬菜种植中,过量施用化肥和农药,影响了蔬菜的品质和食品安全。调查发现,日光温室黄瓜和西红柿施肥量不合理,偏氮偏磷缺钾现象严重[1]。李家康等[2]提出,黄瓜的氮、磷、钾施用量在黄瓜产量 85.9 t/hm^2 时的施肥量 N、P_2O_5、K_2O 分别为 457.5、150.5、621.0 kg/hm^2; Ni 等[3]认为,钾肥明显提高叶菜的产量。有关研究表明,钾能促进光合作用,促进叶绿素合成,促进对氮素吸收利用,提高二氧化碳同化效率,增加硝酸还原酶活性,延缓叶片衰老[4-7,12]。氮磷钾肥料配施比氮磷肥料要明显促进作物生长,增加产量[8-9, 13-14]。施用钾肥对温室蔬菜品质改善及土壤生物特性也有重要作用[15-18]。同时还会对土壤污染物的累积产生作用[19]。施用钾肥除了满足日光温室黄瓜产量与品质之外,残留的钾和硫酸根会对土壤养分产生影响。当今对食品优质和环境安全高度重视,要求必须同时从施肥对作物品质和环境两方面的影响考虑,促进设施蔬菜生产的可持续发展。试验结果表明,施用钾肥对黄瓜叶片净光合速率(Pn)和黄瓜生长、叶绿素(Chl)含量、产量、品质和经济效益均产生明显影响。施 K_2O 0 ~ 720 kg/hm^2,叶片净光合速率(Pn)显著增加,但是,当钾肥用量达到 K_2O 960 kg/hm^2,光合作用反而降低; 黄瓜叶片 SPAD 值增量与钾肥用量值与钾肥用量呈正相关关系($r = 0.9917^{**}$)。

施用钾肥提高了黄瓜的单果重和单株的结果数量,明显增加了黄瓜的产量,增产幅度在 14.7% ~ 53.5%。施 K_2O 720 kg/hm^2,黄瓜的增产率达到 53.5%,表明在黄土高原地区日光温室黄瓜钾肥用量在 K_2O 720 kg/hm^2 时较为适宜。施用钾肥还提前了黄瓜的结果期,而且结果期延长,明显提高了经济效益。

参考文献:

[1] 徐福利,梁银丽,陈志杰,等. 延安市日光温室蔬菜施肥现状与环境效应[J]. 西北植物学报,2003,25(3): 797-801.
Xu F L, Liang Y Y, Chen Z J. The study of fertilizer application and its effect to enviroment in sunlight greenhouse in Yan'an[J]. Acta Bot. Bor.-Occid. Sin., 2003, 25(3): 797-801.

[2] 李家康,陈培森. 几种蔬菜的养分需求与钾素增产效果[J]. 土壤肥料,1997, 23(3): 3-6.
Li J K, Chen P S. The nitrogen needs and the effect of potassium to the yield of several vegetables[J]. Soils Fert., 1997, 3(3): 3-6.

[3] Ni W H, Hardeter R. Influence of potassium fertilization on yield and quality of foliage vegetable crops[J]. Pedosphere, 2001, 11(1): 77-82.

[4] 郭熙盛,叶舒娅,王文军. 钾肥品种与用量对黄瓜产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料报,2004,10(3): 292-297.
Guo X S, Ye S Y, Wang W J. Effect of different K sources and rates on the yield and quality of cucumber[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2004, 10(3): 292-297.

[5] 何萍,金继运,李文娟, 等. 施钾对高油玉米和普通玉米吸钾特性及子粒产量和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005,11(5): 620-626.
He P, Jin J J, Li W J. Comparison of potassium absorption, yield and quality between high-oil and common corn afected by potassium application[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(5): 620-626.

[6] 李玉影,金继运,刘双全. 钾对春小麦生理特性、产量及品质的影响[J]. 植物营养与肥料报,2005,11(4): 449-455.
Li Y Y, Jin J Y, Liu S Q. Effects of potassium on physiological characteristics, yield and quality of spring wheat[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2005, 11(4): 449-455.

[7] 郭英,孙学振,宋宪亮. 钾营养对棉花苗期生长和叶片生理特性的影响[J]. 植物营养与肥料学,2006,12(3): 363-368.
Guo Y, Sun X Z, Song X L. Effects of potassium nutrition on growth and leaf physiological characteristics at seedling stage of cotton[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2006, 12(3): 363-368.

[8] 王建锋,李天来,杨丽娟. 长期施用无机 NPK 肥对保护地黄瓜光合特性及产量的影响[J]. 土壤通报,2005,36(4): 545-548.
Wang J F, Li T L, Yang L J. Effect of long-term application of inorganic NPK fertilizer on the photosynthesis and yield of cucumber[J]. Chin. J. Soil Sci., 2005, 36(4): 545-548.

[9] Young Yeol Cho, Sungbong O h, Myoung Min Oh, Jung Eek Son. Estimation of individual leaf area, fresh weight, and dry weight of hydroponically grown cucumbers (*Cucumis sativus* L.) using leaf length, width, and SPAD value[J]. Sci. Hortic., 2007, 111: 330-334.

[10] Uddling J, Gelang-Alfredsson J, Piikki K. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings[J]. Photosynth. Res., 2007, 91: 37-46.

[11] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
Gao J F. Plant physiology experiment technology[M]. Beijing: Higher Education Press. 2006.

[12] Fredeen A L, Rao I M, Terry N. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max* [J]. Plant Physiol., 1989, 89: 225-230.

[13] 秦文利,李春杰. 增施钾肥对日光温室番茄产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2007,(1): 44-47.
Qin W L, Li C J. Effects of increasing potassium fertilizer dosage on the quality and yield of tomato in greenhouse[J]. China Soil

Fert. , 2007,(1): 44 –47.

[14] 程福皆,曹辰兴,康鸾,朱东方. 不同氮钾水平对春棚小黄瓜产量及品质的影响[J]. 西北农业学报,2009,18(5): 276 –279.

Chen F J, Cao C X, Kang L, Zhu D F. Effects of different levels of nitrogen and potassium on yield and quality of spring mini –cucumber in arched shed[J]. Acta Agric. Bor. -Occid. Sin. , 2009, 18(5): 276 –279.

[15] 王凤婷,艾希珍,刘金亮. 钾对日光温室黄瓜糖、维生素 C、硝酸盐及其相关酶活性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2005,11(5): 682 –687.

Wang F T, Ai X Z, Liu J L. Effects of potassium on sugar, vitamin C, nitrate contents and their relevant enzymes of cucumber in solar –greenhouse[J]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2005, 11(5): 682 –687.

[16] 徐福利,梁银丽,张成娥,等. 施肥对日光温室黄瓜生长和土壤生物学特性的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(7): 1227 –1230.

Xu F L, Liang L L, Zhang C E. Effect of fertilization on cucumber growth and soil biological characteristics in sunlight greenhouse[J]. Chin. J. Appl. Ecol. , 2004, 15(7): 1227 –1230.

[17] Hardter N R. Influence of potassium fertilization on yield and quality of foliar vegetable crops[J]. Pedosphere. 2001, 11(1): 77 –82.

[18] 徐坤范,李明玉,艾希珍. 氮对日光温室黄瓜呈味物质、硝酸盐含量及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(5): 717 –721.

Xu K F, Li M Y, Ai X Z. Effect of nitrogen on taste compounds, nitrate and yield of cucumber in solar greenhouse[J]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2006, 12(5): 717 –721.

[19] 徐福利,梁银丽,张成娥,等. 施肥对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(1): 68 –72.

Xu F L, Liang Y L, Zhang C E *et al*. Effect of fertilization on distribution of nitrate in cucumber and soil in sunlight greenhouse [J]. Plant Nutr. Fert. Sci. , 2004, 10(1): 68 –72.