

NPK 施肥处理对设施甜椒光合特性的影响*

李东林

(阜阳职业技术学院 生化工程学院, 安徽 阜阳 236031)

【摘要】试验研究了高温时期利用不同NPK配合施肥对设施甜椒光合特性的影响,结果表明:NPK不同配合与CK相比,能促进甜椒生长发育和提高光合速率。各处理甜椒的光合速率(Pn)在一天中均呈“双峰”曲线变化,4种处理甜椒植株均在11:30左右出现最大值,以NPK配合处理最高,可达 $30.20 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、细胞间 CO_2 浓度(Ci)也发生变化;并通过计算机模拟程序得出该甜椒品种的光饱和点为 $1193.62 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

【关键词】甜椒;NPK;光合特性;生长发育

【中图分类号】S641.306.2 **【文献标识码】**A **【文章编号】**1673-1891(2011)01-0006-04

甜椒(*Capsicum frutescens* L.)含有丰富的Vc和其它营养成分。我国栽培面积大,销路好,甜椒多以施用N肥为主,P、K不足,直接造成营养失调,果实硝酸盐含量超标,产量和品质下降。单一的施肥方式不但不经济,而且影响植物光合速率、蒸腾速率等生理功能,导致叶片光合作用下降,降低产量和品质^[1]。为了进一步探索甜椒对NPK配合施用的增产效应,本文研究了NPK不同配合的施用效果。

1 材料和方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试甜椒为引进澳大利亚新一代水果型甜椒品系。

采用无土育苗方式,5月上旬室内育苗,种子经浸种催芽后播于 1.2×7.2 (cm)黑色穴盘内,每穴一粒,基质用草炭+珍珠岩(3:1;V/V),试验在学校设施教学基地进行,随机区组设计。6月中旬定植于的盆中,每盆一株,每个处理30次重复;基质为壤土+草炭+珍珠岩(3:1:1;V/V),每盆重量6.5kg,pH为6.71,EC为2.23ms/cm,全N 0.127%,全P 0.096%,全K 1.983%。

1.1.2 NPK处理 根据肥料性质和作物吸肥规律,通过优化组合设计出肥料种类和基肥量为:N处理每盆用尿素0.98g;NP处理每盆用磷酸一铵1.85g、尿素

0.54g;NPK处理每盆用硝酸钾1.20g、磷酸一铵1.85g、尿素0.22g;NK处理每盆用硝酸钾1.20g、尿素0.66g;以单施N为对照(CK)。N、NP、NPK、NK处理中含 $\text{N} 0.49\text{g}$,NP和NPK中含 $\text{P}_2\text{O}_5 0.96\text{g}$,NK和NPK中含 $\text{K}_2\text{O} 0.41\text{g}$ 。施肥种类和施肥量按上述肥料配合进行,在开花期、“四母斗”椒形成期、门椒采收期及每两周追肥一次^[2]。定期观察记录数据,并进行相关指标测定。

1.2 测定方法

1.2.1 叶绿素含量及叶面积测定 采用丙酮浸提法^[3],重复3次取其平均值,叶绿素含量($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)= $C \times V / A \times 1000$ 。生长盛期测量叶面积。

1.2.2 光合速率(Pn)测定 采用LI-6400便携式光合系统,果实形成时测定光合速率。每个处理3次重复,测定第三分枝处功能叶片。早上8:30开始,间隔1小时测定一次,17:30结束。同时进行蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、细胞间 CO_2 浓度测定(Ci),观察值瞬间稳定读数,并记录环境因素数值。

1.2.3 光合-光强响应曲线测定 通过LI-6400便携式光合系统计算机模拟程序设置,计算光合-光强回归方程,并求光饱和点和光补偿点。

2 结果与分析

2.1 不同NPK处理对甜椒叶绿素及叶面积的影响

表1 不同NPK处理对叶绿素及叶面积等的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶绿素含量 $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (FW)	叶面积 (cm^2)	落花率 (%)	果重/株 (g/plant)	果数/株 (number/plant)
N(ck)	51.34c	1.12c	1.971b	2756b	32.43a	1103.41c	9.72c
NP	68.75b	1.29b	2.206a	2943ab	19.64b	1423.64b	11.43b
NPK	78.38a	1.53a	2.453a	3217a	17.76c	1983.23a	15.26a
NK	65.51b	1.32ab	2.121b	3103a	20.45b	1526.77b	13.12ab

*测定第三次分枝处功能叶,显著性差异 $\alpha=5\%$ 。结果数为20株平均值,平均果重为100个平均值。

收稿日期:2011-02-22

*基金项目:校长青年人才基金(项目编号:20051006)。

作者简介:李东林(1979-),男,讲师,硕士,主要从事设施园艺和栽培生理研究。

大棚甜椒追施 NPK 后, 营养生长发生明显变化 (表 1)。经显著性检验, 各处理都与 CK 差异显著, 株高、茎粗分别增幅达 28.65%~52.94% 和 15.18%~36.61%。叶绿素含量排列顺序为: NPK > NP > NK > CK。CK 处理主要是缺少 P、K 元素, 造成植株生理代谢功能失调易出现落花现象。Bangerth 认为落花是生理失调, 是在果实发育初期局部 Ca²⁺ 缺乏引起^[4]。

2.2 不同 NPK 处理对甜椒光合特性的影响

2.2.1 NPK 处理对甜椒光合速率 (Pn) 的影响

甜椒在 4 种处理下的 Pn 都随时间进程而逐渐上升, 都有不同程度的“光合午休”现象 (图 1)。4 种处理甜椒植株均在 11:30 左右出现最大值, 其中以 NPK 配合最高, 可达 30.20 μmol·m⁻²·s⁻¹, 比对照处理增加 30.74%。此后温度升高 (> 38℃), 光照强度增加, 大气 CO₂ 浓度下降, 各处理的光合作用受到抑制, Pn 开始下降, 各处理间在 13:30 左右出现第二个峰值, 比第一次稍有下降, NPK 处理第二次峰值比第一次下降 16.41%, 但比 CK 第二次峰值上升 43.81%, 呈显著性差异。NP 处理比 CK 两次光合速率峰值分别增加 10.92% 和 11.90%, NK 分别增加 7.56% 和 11.81%。P 缺乏时光合速率最高值出现的较早, 时间较短。施 K 虽然未改变两次峰值规律, 但两次差异减小, 可以缓和“午休”现象。由此可以看出 P 和 K 可以有效提高光合速率, 增加光合产物积累和产量。

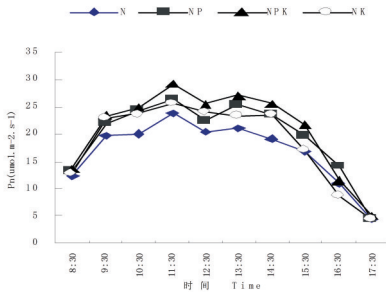


图 1 不同 NPK 处理对甜椒光合速率日变化影响

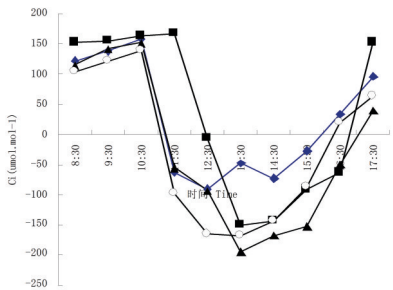


图 2 不同 NPK 处理对甜椒细胞间 CO₂ 浓度日变化影响

2.2.2 NPK 处理对甜椒细胞间 CO₂ 浓度 (Ci) 的影响

Ci 随时间进程缓慢减少, 各处理在 10:30~11:30 之间急剧减少 (图 2), 下降幅度为 139.87% 左右。CK 在 12:30 为 -90.6 μmol·mol⁻¹, 此后有不同程度的上

升。造成细胞间 CO₂ 浓度减少的原因可能是光合速率的上升促进了碳水化合物的合成^[5], 这时大气中 CO₂ 浓度也在下降, 加快了细胞间 CO₂ 亏缺。

2.2.3 NPK 处理对蒸腾速率 (Tr) 和气孔导度 (Gs) 的影响

各处理间蒸腾速率开始上升, 均在 13:00~14:30 达最高值, CK 最高值达到 6.07 mmol·m⁻²·s⁻¹, NPK 与单施 N 比较蒸腾最高值出现时间延迟, 均在 14:30 左右, NP、NK 差异不大, 此后随温度、光强的变化开始下降, 其中温度是引起蒸腾变化的主要因素, 蒸腾与叶温、光照强度和空气相对湿度相关方程为 Tr = 6.784Tl - 25.029 (r = 0.875)、Tr = 2.387 + 0.00263R (r = 0.892) 和 Tr = 6.736 - 0.233RH (r = 0.627)。由回归分析可知, Tr 与 PAR、TL 正相关, 与 RH 负相关, 其中光合有效辐射 (PAR) 是影响 Tr 的主要因子, TL、RH 次之。不同处理间气孔导度变化也有变化, 随蒸腾强度增加而增大, Tr 与 Gs 相关性为 Tr = 849.60Gs - 71.31 (r = 0.8236), 呈显著线性关系 (图 5)。Gs 对 Pn、Ci 没有直接影响, 叶龄和叶片营养状况, 特别叶片 N 含量可能影响气孔导度变化。

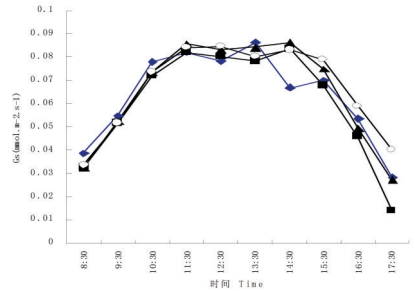


图 3 不同 NPK 处理对甜椒气孔导度日变化影响

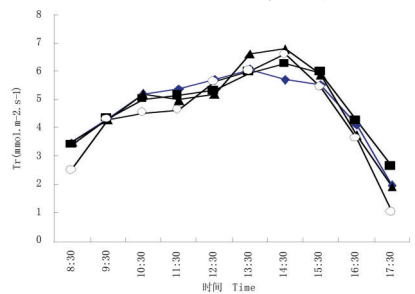


图 4 不同 NPK 处理对甜椒蒸腾速率日变化影响

2.4 光合-光强响应曲线

在较低范围内, 不同处理植株随 PAR 的增加, Pn 也随之上升 (图 6), 到达一定程度后, Pn 达到最高值, 随后缓慢下降。通过模拟 NPK 处理光合-光强响应曲线方程为 Y = -6.0 × 10⁻⁶X² + 0.0161X + 1.73 (R² = 0.9286), 单施 N 肥曲线方程为 Y = -6.0 × 10⁻⁶X² + 0.0132X + 1.64 (R² = 0.9043), 达极显著相关, 并由此计算出 NPK 光饱和点、光补偿点分别为 1193.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ 和 57.9 μmol·m⁻²·s⁻¹。而单施 N 肥, 尤其不施肥处理光饱和点较低, 分别为 893.6 μmol·m⁻²·s⁻¹ 和 73.8

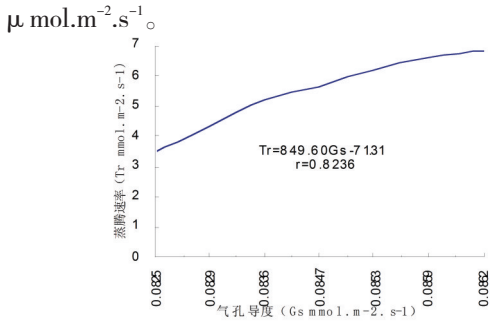


图5 蒸腾-气孔导度相关直线

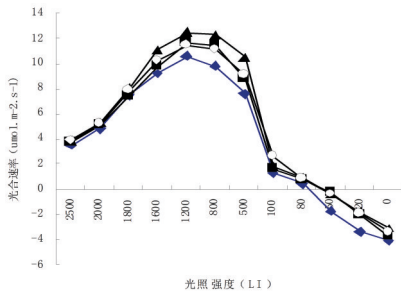


图6 光强-光合响应曲线

3 讨论

本试验结果表明,设施内甜椒在NPK均衡追肥的条件下,营养生长旺盛,光合作用增强。N、P、K是植物体内重要化合物的组成元素,有明显的交互作

用,P、K缺乏时会减少一些器官生物量的生长^[6,7]。P、K均能增强光合作用,提高产量。NPK配合施肥,叶面积大,叶绿素含量高,源活性增加,同时由于结果数多,平均单果较重,库的容量与活力增强,使源库关系具有同步性。但植株缺少生长必要的矿质元素,叶片同化CO₂生理功能下降,同化产物在体内积累较少。

不同NPK处理的虽有不同程度的光合“午休”现象,但和对照比较仍有较高的光合速率,K能缓和“午休”现象。“午休”是否由气孔因素限制目前说法不一致^[8,9]。有研究表明随着环境和叶面温度升高,造成叶表蒸气压亏缺(VpdL),PS II反应中心会出现暂时光抑制现象,这时气孔阻力(1/Gs)减小,通过气孔蒸腾散失水分^[10,11]。限制饱和阶段光合作用的主要因素有CO₂(受CO₂浓度影响)和CO₂固定速率(受羧化酶活性和RuBP再生速率影响)等。

NPK合理施肥能有效促进生长发育和提高光合速率,提高产量和品质,因此设施农业生产要平衡施肥,从而调节植物的生长发育和光合作用以利增产。

注释及参考文献:

[1]范双喜,顾静天,夏关均,等.高温对园艺植物影响研究进展[J].北京农业学报,2003(2):147-151.
 [2]孙锡.植物营养与肥料[M].北京:中国农业出版社,1988.
 [3]张克正.植物生理学实验技术[M].沈阳:辽宁科学出版社,1994.
 [4]Bangerth F.Calcium-related physiological disorders of plants.Annual Reviews of Phytopathology.1979.17:97-122.
 [5]Lizabeth A.Ainsworth, Alistair.Rogers, Herbert Blun, Josef Nosberger and Stephen P.Long.Variation in acclimation of photosynthesis in trifolium repens after eight years of exposure to free air CO₂ enrichment(FACE).Journal of experimental Botany.Dec, 2003.Vol54.No.393.2769-2774.
 [6]K.Fujita, M.Okada.K.Lei, J.Ito, K.ohkura, J.J.Adu-Gyanfi and P.K.Mohapatra.Effect of P-deficiency on photoassimilate partitioning and rhythmic changes in fruit and stem diameter of tomato during fruit growth.Journal of experimental Botany. Aug, 2003.Vol, 54.No, 392.2519-2528.
 [7]李和生.现代植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2001.
 [8]Michael E Salvacci, Steven J Crafts-Brandner.Relationship between the heat tolerance of photosynthesis and the thermal stability of Rubiso in an active form.Plant physiology.Rockville: Apr, 2004, Vol, 134.iss.4.1460.
 [9]Mark.O Baerlocher, Douglas A Campbell, Robert J Ireland. Developmental progression of photosystem II electron transport and CO₂ uptake in spartina alterniflora, a facultative halophyte, in a northern salt marsh.Canadian Journal of Botany.Ottawa: Mar, 2004.Vol.82.iss.3;pg.365.
 [10]李东林,朱世东,赵国荣,等.大棚甜椒基质栽培生理生态效应[J].安徽农业科学,2006(3):34-36.
 [11]Wu hanjing and Shou shenyan, etc.Effects of High Temperature Stress on Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence in Sweet Pepper.Acta Horticulturae Sinica[J].2001,28(6):517-521.(in Chinese).

Effects of Different NPK Treatments on Photosynthetic Characteristics of Sweet Pepper in Circumance Controlling Cultivation

LI Dong-lin

(School of Biochemistry Engineering, Fuyang Vocational and Technique College, Fuyang, Anhui 236031)

Abstract: The different N (nitrogen) , P (phosphorus) and K (potassium) treatments were applied for sweet pepper (*Capsicum frutescens L.*) in the plastic house, photosynthetic characteristics were studied in this experiment. The results showed that different N P K treatments can promote the growth and development for sweet pepper and raise photosynthetic rate. Net photosynthetic rate (Pn) took on the “double peak” curve in daily time for each treatment. Four treatments were all found the maximum value of net photosynthetic rate at about 11:30AM, and the plants with NPK treatment had the maximum photosynthetic rate value in each treatment, up to $30.2 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$. In addition, transpiration rate (Tr) , stomatal conductance (Gs) and intercellular carbon dioxide concentration (Ci) also changed respectively with the daily time passing, and the light saturation point is $1193.62 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ by method of computer simulator.

Key words: Sweet pepper; NPK; Photosynthetic characteristics; Growing development

(上接5页)

[19] 吴涛, 晋艳, 杨宇虹. 烤烟漂浮育苗基质理化性状与出苗率的相关性[J]. 烟草科技, 2007(8): 43-48.

[20] 姜新法. 砂培技术评述[J]. 农村服务, 2008, 25(1): 68.

[21] 封幸兵, 冯柱安, 唐斌, 等. 营养液深度对砂培漂浮育苗的影响[J]. 烟草科技, 2009(9): 59-61.

Research on Advances of Sand-cultured Floating System of Flue-cured Tobacco in China

LIU Ming, YIN Fu-qiang, ZHANG Wen-you

(School of Agricultural Sciences of Xichang College, Xichang, Sichuan 615013)

Abstract: In this paper, the advantages and disadvantages in the research and application status both of domestic and international and technology research trends are introduced, and research directions are prospected.

Key words: Tobacco; Sand-cultured floating system; Research advances