植物营养与肥料学报 2006,12(5):717-721
Plant Nutrition and Fertilizer Science

氮对日光温室黄瓜呈味物质、硝酸盐含量及产量的影响

徐坤范，李明玉，艾希珍*
(山东农业大学园艺科学和工程学院,山东泰安 271018)

摘要：为了探讨氮肥用量与日光温室黄瓜风味品质及产量的关系,采用单因素试验设计,在日光温室条件下研究了氮素水平对新泰密刺黄瓜主要呈味物质和硝酸盐含量及其相关酶活性的影响。结果表明,在 0～900 kg/hm² 范围内,随着施氮量的增加,黄瓜果实中可溶性糖和 Vc 含量逐渐降低,有机酸、单宁及硝酸盐含量逐渐增加。黄瓜果实可溶性糖含量与其叶片的蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性、Vc 含量与过氧化物酶(APX)活性及硝酸盐含量与硝酸还原酶(NR)活性有较明显的相关性,叶片 SPS、APX 和 NR 活性均显著大于果实的。不同氮水平下日光温室黄瓜产量差异较大,N_{300}和 N_{600}显著高于 N_0,而 N_{900}则较明显低于 N_0。在本试验土壤肥力条件下,施氮不宜超过 600 kg/hm²。

关键词：氮；呈味物质；硝酸盐；产量；风味品质；黄瓜
中图分类号：S642.2；S606⁺.2　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1008-505X(2006)05-0717-05

Effect of nitrogen on taste compounds, nitrate and yield of cucumber in solar-greenhouse

XU Kun-fan, LI Ming-yu, AI Xi-zhen*
(*Horticultural science and engineering college, Shandong Agricultural University, Taian 271018, China*)

Abstract: In order to examine the relationship between nitrogen rate, flaver quality, and yield of cucumber, an experiment was conducted to study the effect of nitrogen on taste compounds, nitrate concentration and enzyme activities of cucumber fruits in solar-greenhouse using single factor design. Results showed that the soluble sugar and Vc contents decreased with the increase of N application rate within the range of 0—900 kg/ha, while organic acids, tannin and nitrate concentration increased gradually with increasing of N. There was a significant correlation between soluble sugar of cucumber fruits and SPS activities in leaves, Vc content and APX activities, and nitrate concentration and NR separately. The SPS, APX and NR activities of leaves were all higher than those of fruits. There were significant difference among different treatments on yield. The yield of N_{300} and N_{600} were higher than that of N_0 remarkably, but N_{900} was lower than that of N_0 obviously. 600kg/ha N could be considered as the top limit under this experimental condition.

Key words: nitrogen; taste compounds; nitrate; yield; flavor quality; cucumber

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)是设施栽培的主要蔬菜,约占保护地栽培面积的 70%。目前,随着蔬菜生产的发展,种植技术不断改进,产量逐步增加,但产品品质趋于下降,这与其栽培过程中施肥过多和偏施氮肥有较大关系。近年来,人们在氮对黄瓜品质的影响方面进行了一些研究[1-3],明确了在一定范围内增施氮肥黄瓜干物质、蛋白质、氨基酸及主要矿物质含量有所增加,用量过多则会导致多数营养成分含量下降。但这些研究多偏重于营养成分的分析,而缺乏相关机理的研究。此外,黄瓜以其独特的风味品质成为主要的鲜食蔬菜,所以,研究黄瓜风味品质对改善黄瓜产品品质更有意义[4]。黄瓜风味品质一方面取决于其本身所含有的挥发性芳香物质,另一方面与一些非挥发性呈味物质密切相关[5-6]。我们已有的研究结果表明,氮对黄瓜果实的主要挥发性芳香物质相对含量影响较大,但对非挥发性呈

收稿日期：2005-08-12　　**修改稿收到日期**：2005-12-19
作者简介：徐坤范(1980—),女,山东省临清市人,硕士研究生,主要从事蔬菜栽培生理研究。* 通讯作者

味物质的影响还不清楚。为此,开展了氮对黄瓜主要呈味物质糖、Vc、有机酸、单宁和硝酸盐含量及部分相关酶活性的影响研究,以期为日光温室黄瓜的合理施肥与优质生产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2004～2005年在山东农业大学蔬菜站进行。试验田土壤含有机质16.0 g/kg,速效N 99.2 mg/kg,速效P 62.2 mg/kg,速效K 109.1 mg/kg。供试黄瓜品种为新泰密刺,2月23日育苗,3月28日定植,行距60cm,株距30cm,地膜覆盖,日光温室条件下常规管理。

试验设4个施肥处理,分别为:不施氮肥(N_0);施N 300 kg/hm^2(N_{300});施N 600 kg/hm^2(N_{600});施N 900 kg/hm^2(N_{900})。根据黄瓜对N:P_2O_5:K_2O的吸收比约为3:1:4,按施N量为600 kg/hm^2(中等水平)确定P_2O_5施用量为200 kg/hm^2,K_2O 12000 kg/hm^2。氮、钾肥总量的50%作基肥,50%作追肥,追肥分别在根瓜期、腰瓜期、盛果期施用;磷肥作基肥一次施入。所用氮肥为尿素(鲁西化工,N≥46.2%),钾肥为硫酸钾(俄罗斯进口,K_2O≥52%),磷肥为过磷酸钙(湖北鄂中化工有限公司,P_2O_5≥16%)。小区面积9m^2,随机排列,3次重复。

1.2 样品处理及分析方法

以商品成熟瓜和功能叶片(上数3～5叶)为样品,各处理每次取3条生长正常的商品成熟瓜和3片叶,切取瓜的上、中、下部位各一小段混匀;叶片取中脉两侧部分,切成小块混匀,然后分别称取等量3份做重复。可溶性糖含量测定用干样,其它均用鲜样。

可溶性糖、维生素C(Vc)、单宁、有机酸及硝酸盐含量分别用蒽酮比色法[7]、2,6-二氯酚靛酚滴定法[8]、普鲁士蓝法[9]、碱中和法[10]和浓H_2SO_4—水杨酸法[7]测定。

蔗糖磷酸合成酶(SPS)活性测定:参照於新建的方法[11]稍作改进。200 μL酶液加磷酸缓冲液(pH 7.5)50μL、50 mmol/L $MgCl_2$ 20 μL、100 mmol/L二磷酸尿苷葡萄糖(UDPG) 20 μL、100 mmol/L 6-磷酸果糖20μL,34℃条件下反应30min,加200 μL 40% NaOH终止反应,再加HCl 1.5mL和1%的间苯二酚0.5mL,摇匀,80℃水浴10 min,测定470 nm下吸光度,SPS活性用单位样品在单位时间内生成的磷酸蔗糖含量表示。

抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性测定:参照赵世杰等的方法[7],3 mL反应液中含50 mmol/L磷酸缓冲液(pH 7.0),0.3 mmol/L抗坏血酸(AsA),0.06 mmol/L H_2O_2和0.1mL酶液。加入H_2O_2后立即在20℃下测定10～30s内的OD_{290}值变化。

硝酸还原酶(NR)活性:按赵士杰等活体法[7]测定。

由于两年重复试验结果基本一致,所有图表均采用2005年数据。

2 结果与分析

2.1 氮对日光温室黄瓜非挥发性呈味物质及相关酶活性的影响

2.1.1 对可溶性糖含量及SPS活性的影响 可溶性糖主要由蔗糖、葡萄糖和果糖组成,是构成黄瓜果实固形物的重要成分。多数研究认为,糖含量越高,果实的口感风味越好。因此,可溶性糖含量是评价黄瓜风味品质优劣的一个重要指标。图1看出,在

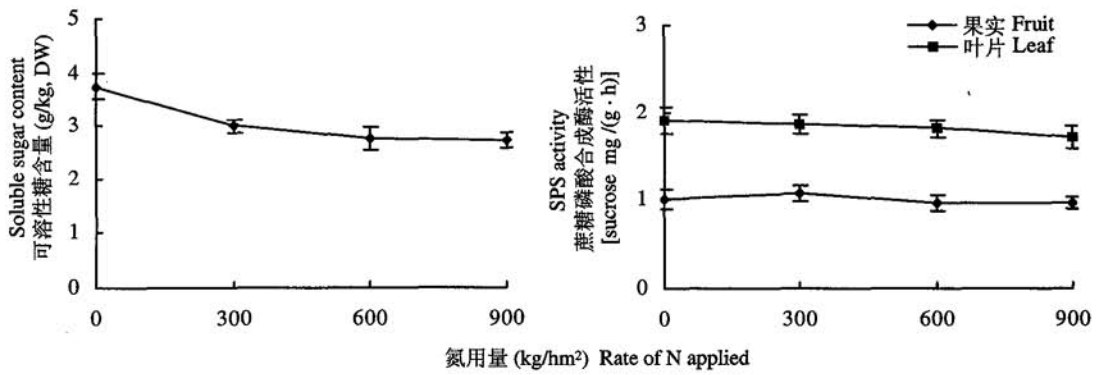

图1 氮对黄瓜可溶性糖含量和SPS活性的影响

Fig.1 Effect of nitrogen on soluble sugar content and SPS activity of cucumber

N 0～900 kg/hm² 范围内，随着施氮量的增加，黄瓜果实中可溶性糖含量呈降低趋势。说明施用 N 素化肥不利于可溶性糖的形成和积累。

SPS 是一种可溶性酶，主要存在于合成蔗糖的叶细胞中，在蔗糖的合成、运输以及库组织的糖代谢中起重要作用[12-14]。图 1 表明，N_{300}、N_{600}、N_{900}叶片的 SPS 活性分别比 N_0 降低 3.03%、5.38%、10.3%，即随着施氮量的增加，SPS 活性逐渐降低。果实中 SPS 活性显著低于叶片的，也有随着施氮量增加而降低的趋势，但各处理间差异较小。黄瓜果实的可溶性糖含量与叶片 SPS 活性的相关系数为 0.6949，而与果实的 SPS 活性没有明显相关性。

2.1.2　对 Vc 含量及 APX 活性的影响　随着施氮量的增加，黄瓜果实的 Vc 含量逐渐降低，而且用量越多，下降幅度越大。N_{300}、N_{600}、N_{900}分别比 N_0 降低 6.7%、13.8%和 56.2%。不同氮水平下黄瓜叶片的 APX 活性变化趋势与 Vc 相反，二者呈负相关（r = -0.7830）；果实 APX 活性虽然较低，但也随施氮量的增加而增加（图 2）。

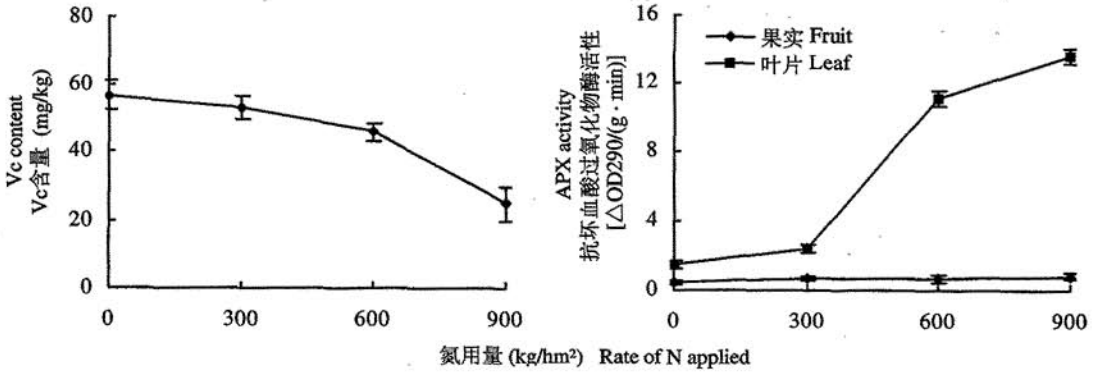

图 2　氮对黄瓜 Vc 含量和 APX 活性的影响

Fig.2　Effect of nitrogen on Vc content and APX activity of cucumber

2.1.3　对有机酸含量的影响　有机酸在蔬菜产品中普遍存在，人的味觉器官对酸味反应非常敏感，因此有机酸含量也会影响蔬菜的风味品质。本试验结果表明（图 3），N_{300}、N_{600}、N_{900}的有机酸含量分别比 N_0 增加 1.5%、6.6%和 9.9%。低 N 水平下（N 300 kg/hm²）上升幅度较小，而高 N 水平下（N600～900 kg/hm²）增加幅度较明显。

2.1.4　对单宁含量的影响　单宁是决定黄瓜果实涩味程度的关键因素，其含量的高低不仅对黄瓜的口感影响很大，而且还可能与蛋白质作用，生成不溶性的络合物，降低蛋白质的可消化性或利用率。所以单宁的含量与黄瓜品质有密切关系。图 4 看出，N_{300}、N_{600}、N_{900}果实的单宁含量分别比 N_0 高 11.4%、16.9%和 20.2%。各处理间差异较显著。表明增施氮肥可使黄瓜果实中的单宁含量增加，涩味程度增

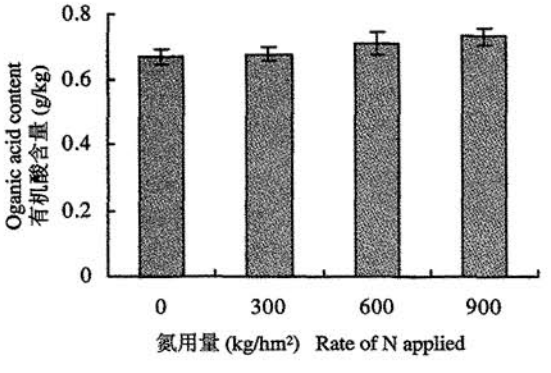

图 3　氮对黄瓜果实有机酸含量的影响

Fig.3　Effect of N on organic acid content of cucumber fruits

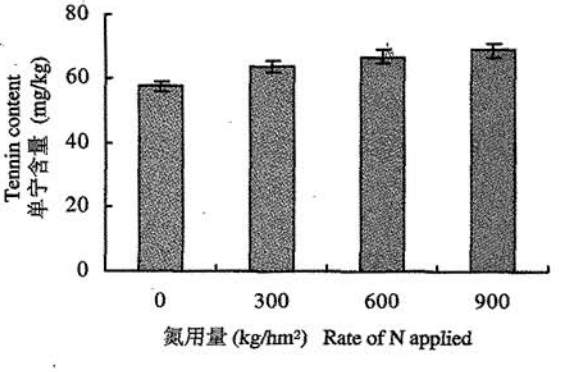

图 4　氮对黄瓜果实单宁含量的影响

Fig.4　Effect of N on tannin content of cucumber friuts

强，口感变劣。

2.2 氮对日光温室黄瓜硝酸盐含量及NR活性的影响

硝酸盐含量高低与人体健康有十分密切的关系。一般认为，人体摄入的硝酸盐80%以上来源于蔬菜[15]，所以硝酸盐含量是衡量蔬菜品质的重要指标。图5结果表明，在0～900 kg/hm² 范围内，随着N用量的增加，黄瓜果实的硝酸盐含量大幅度升高，施氮量与硝酸盐含量呈显著正相关，相关系数 r = 0.9811。

N_{300}、N_{600}、N_{900} 叶片的NR活性分别比 N_0 降低8.3%、12.3%和49.1%(图5)，叶片NR活性与硝酸盐含量呈负相关(r = -0.8963)；果实的NR活性显著低于叶片的，但在不同N水平下其变化趋势与叶片的相似，N_{300}、N_{600}、N_{900} 分别比 N_0 降低4.9%、23.3%和31.1%，果实NR活性也与硝酸盐含量呈显著负相关(r = -0.9401)。

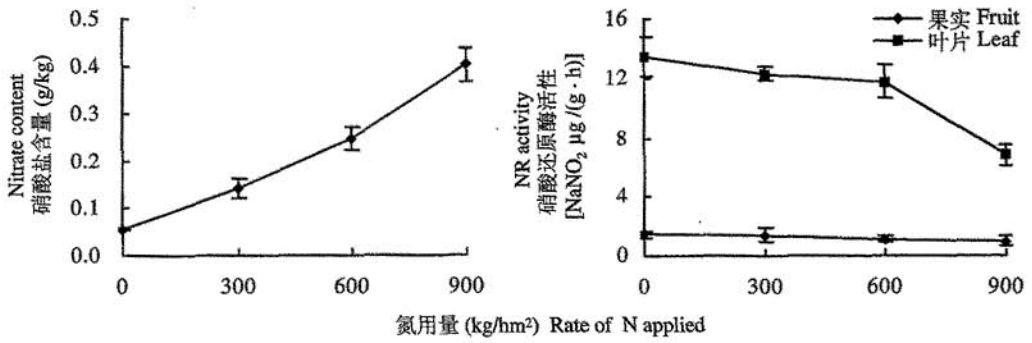

图5 氮对黄瓜硝酸盐含量及硝酸还原酶活性的影响

Fig.5 Effect of nitrogen on nitrate content and NR activity of cucumber

2.3 氮对日光温室黄瓜产量的影响

不同氮水平下日光温室黄瓜的产量结果(表1)表明，N_{300} 和 N_{600} 产量分别比 N_0 高36.8%和46.6%，而 N_{900} 较 N_0 低3.2%，各处理间差异显著。即在0～600 kg/hm² 范围内，黄瓜产量随着施氮量的增加而增加，但当N用量超过600 kg/hm² 时，其结果相反。

表1 氮对日光温室黄瓜产量的影响

Table 1 Effect of nitrogen on cucumber yield in solar-greenhouse

施氮量 N rate (kg/hm²)	单株产量 Yield per plant (g/plant)	总产量 Total yield (kg/hm²)
0	1135.8 ± 18.6	66444.3 ± 1088.1 aA
300	1553.6 ± 25.1	90885.6 ± 1468.4 bB
600	1665.2 ± 30.8	97414.2 ± 1801.8 cC
900	1099.5 ± 23.5	64320.8 ± 1374.8 dA

注(Note)：表中数据后不同大、小写字母分别表示差异达1%和5%显著水平。Different capital and small letters mean significant at 1% and 5% levels, respectively.

3 讨论

在本试验条件下，随着施氮量的增加，黄瓜果实的可溶性糖、Vc等有益呈味物质含量逐渐降低，单宁、有机酸等不利呈味物质和硝酸盐含量逐渐升高。但由于施N 300～600 kg/hm² 时可使黄瓜果实中蛋白质、氨基酸、矿物质含量等较明显升高[3]，产量显著增加，特征风味物质也以施N量为600 kg/hm² 时为最高。综合评定认为，在日光温室黄瓜生产中，N施用量以不超过600 kg/hm² 为宜，用量过多，不仅增加肥料投入，而且对改善黄瓜品质产生不利影响。

在0～900 kg/hm² 范围内施氮越多，可溶性糖含量越低。因为高N水平下SPS活性降低，导致蔗糖合成受阻。碳水化合物大量用于合成蛋白质、叶绿素和其它含氮化合物，致使体内糖积累明显减少。这与曲文章[16]在甜菜上的研究结果一致。叶片中的SPS活性明显高于果实的，因此在SPS与可溶性糖的关系中，叶片可能起主要作用。

APX是植物叶片中以抗坏血酸为专一性电子供体催化 H_2O_2 的保护酶之一[17]，其活性高低与Vc含量有一定相关性。研究表明，增施氮肥可以提高黄瓜果实和叶片中的APX活性。果实的Vc含量与

APX 活性呈负相关，可能由于 APX 活性越高，Vc 作为电子供体被消耗的越多，因而果实中 Vc 积累量就越少。叶片中的 APX 活性明显高于果实的，因此，叶片 APX 在对黄瓜果实 Vc 的积累中可能起主要作用。

NR 是植物体内硝酸盐同化过程中的限速酶，其活性的高低与植物体内硝酸盐的同化和积累关系密切。因为 NR 活性高，可以使较多的硝酸盐同化，从而减少其在植物体内的积累量和提高 N 的利用率，黄瓜果实中的硝酸盐含量则明显减少。由于叶片的 NR 活性显著高于果实的，因此叶片 NR 对黄瓜果实的硝酸盐积累起主要作用。

参 考 文 献：

[1] 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. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10 (1): 68-72.

[2] 刘明池，陈殿奎．氮肥用量及黄瓜产量和硝酸盐积累的关系[J]．中国蔬菜，1996(3)：26-28.
Liu M C, Chen D K. Effect of nitrogen amount on yield and nitrate accumulation of cucumber[J]. China Vegetables, 1996(3): 26-28.

[3] 徐坤范，艾希珍，张晓慧，等．氮素水平对日光温室黄瓜品质的影响[J]．西北农业学报，2005(1)：162-166.
Xu K F, Ai X Z, Zhang X H *et al*. Effect of nitrogen levels on quality of cucumber in solar-greenhouse[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2005(1): 162-166.

[4] 陈芳，阚健全，孔梅．浅谈食品风味化学[J]．中国调味品，2001(7)：30-32.
Chen F, Han J Q, Kong M. A brief introduction to food flavor chemistry[J]. Chinese Condiment, 2001 (7): 30-32.

[5] Kemp T R, Knavel D E, Stoltz L P. Identification of some volatile compounds from cucumber[J]. J. Agri. Food Chem., 1974, 22: 717-718.

[6] Mallundo T M M, Shewfelt R L *et al*. Flavor quality of fresh tomato as affected by sugar and acid levels[J]. Postharvest Biol. Technol., 1995 (6): 103-110.

[7] 赵世杰，刘华山，董新纯．植物生理学实验指导[M]．北京：中国农业科技出版社，1998.
Zhao S J, Liu H S, Dong X C. Experimental instruct of plant physiology[M]. Beijing: China Agricultural Scientech Press, 1998.

[8] 陈毓荃．生物化学实验方法和技术[M]．北京：科学出版社，2002.
Chen Y Q. Method and technology of biochemistry experiment[M]. Beijing: Science Press, 2002.

[9] 刘春生，杨守祥．农业化学分析[M]．北京：中国农业出版社，1996.
Liu C S, Yang S X. Agricultural chmeistry analysis[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1996.

[10] 劳家柽．土壤农化分析手册[M]．北京：农业出版社，1998.
Lao J C. Experimental manual of soil agicultural chemistry[M]. Beijing: China Agricultural Press, 1998.

[11] 於新建．植物生理学实验手册[M]．上海科学技术出版社，1985.
Yu X J. Experimental manual of plant physiology[M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1985.

[12] Lingle S E, Dunlap J R. Sucrose metabolism in netted muskmelon fruit during development[J]. Plant Physiol., 1987, 84: 386-389.

[13] Dali N, Michaud D, Yelle S. Evidence for the involvement of sucrose phosphate synthase in the pathway of sugar accumulation in sucrose-accumulating tomato fruits[J]. Plant Physiol., 1992(99): 434-438.

[14] 王惠聪，黄辉白，黄旭明．荔枝果实的糖积累与相关酶活性[J]．园艺学报，2003，20(1)：1-5.
Wang H C, Huang H B, Huang X M. Sugar accumulation and related enzyme activities in the litchi fruits of 'Nuomici' and 'Feizixiao' [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2003, 20(1): 1-5.

[15] 张澂茗，江丽华，闫华，闫晓松．济南市售蔬菜硝酸盐含量及施肥影响[J]．土壤肥料，1997(5)：22-24.
Zhang S M, Jiang L H, Yan H, Yan X S. Nitrate content of vegetables saled in Jinan and effect of fertilizer on it[J]. Soils and Fertilizers, 1997(5): 22-24.

[16] 曲文章，崔杰，高妙贞，等．施氮量对甜菜氮代谢及产量与品质的影响[J]．中国甜菜，1994(4)：16-21.
Qu W Z, Cui J, Gao M Z *et al*. Effect of nitrogen application amount on nitrogen metabolism, yield and quality in sugar beet[J]. China Sugarbeet, 1994(4): 16-21.

[17] 沈文飚，黄丽琴，徐朗莱．植物抗坏血酸过氧化物酶[J]．生命的化学，1997，17(5)：24-26.
Shen W B, Huang L Q, Xu L L. Ascorbate peroxidase in plant[J]. Life Science, 1997, 17(5): 24-26.