# 叶面营养对黄瓜生物效应的影响①

徐国华 沈其荣 潘文辉 曹翠玉 余玲 史瑞和

(南京农业大学资源与环境科学学院,南京 210095)

## 摘 要

采用盆栽和田间大棚小区试验,研究了施用不同叶面营养组分对黄瓜的养分吸收分配和叶片光合生理及果实产量与品质的影响。结果表明:(1)P、N、K三要素可被黄瓜(苗期)叶片快速吸收并显著提高其在体内的含量,天然植物生长活性物质具有促进黄瓜N、P、K养分,尤其是N、K的吸收功效。特别是当它与营养元素配合施用时,这种促进作用最为明显。(2)叶面施用适当浓度的该活性物质或硫酸铵或$KH_2PO_4$均有显著提高黄瓜处理叶绿素及其光合速率的作用。从总体上讲,三者的作用效果相当,其中活性物质的作用速度较快,但持续时间稍短。叶面施肥后48小时与72小时,不同处理间的叶片光合速率与叶绿素含量差异分别达到最大,一直到108小时,仍维持较稳定的显著差异。说明叶面营养对作物的光合作用的影响主要发生在施肥三天(72小时)以后。(3)叶面肥不同组分配施均能增加黄瓜的生物量与果实产量,提高果实蛋白质、Vc、可溶性糖的含量,降低膳食纤维的含量,而果实酸度则基本不受叶面施肥的影响。(4)在不同叶面营养处理中,无论是促进叶片光合作用还是提高果实产量与改善品质,均是营养元素与该种物质的合理配合达到最理想的效果,两者呈现极其显著的正交互作用。

**关键词** 叶面营养 黄瓜 光合作用 产量 品质

作为强化作物营养和防治某些缺素症及调控生长发育的一种施肥措施,叶面施肥早已在施用植物生长调节剂和微量元素方面得到应用[11]。在西方发达国家,早在30～40年代叶面喷施微量元素已开始作为常规措施在各种农作物上广泛应用[7,11]。最近30多年来,随着同位素示踪技术应用和植物分析技术的发展大大地促进了叶面养分吸收运转和利用的基础研究[8,9]。然而用大量元素叶面施肥作为土壤施肥的补充及其喷施天然植物生长活性物质(有时称之天然植物生长刺激物质)来调控作物生育和影响养分的吸收利用则是近年来发展起来的新事物[3~6,10],虽有一定的喷施效果,但绝大多数都是微量元素(Zn,Fe,Mn,B,Mo)或某个大量元素或活性物质(如腐殖酸)的单一组分喷施对作物生长影响的试验效果报道,还没有涉及研究作物叶面营养组分配施间交互作用的影响研究[6]。另外叶面养分供应对叶片新陈代谢与光合作用的影响及其与农产品品质的关系的研究更为少见,仅有少数几篇报道在苹果树叶上同时喷N、P促进叶片光合作用效果的试验报告[3,11]。因此本项目选择根系吸收能力相对较弱的黄瓜为供试作物,通过不同叶面营养组合配施研究不同叶面营养条件对作物养分的吸收利用、叶片光合生理和果实产量与品质的影响,为菜类作物有效喷施叶面肥提供理论和实践依据。

① 国家自然科学基金和国家教委博士点基金资助项目
收稿日期:1996－04－22

# 一、材料与方法

## (一)盆栽试验

盆栽试验土壤为黄砂土，采自江苏东海县，pH 6.0，有机质 4.90g/kg，全N 0.89g/kg，速效P 3.91mg/kg，速效K 115mg/kg，供试作物为黄瓜，品种：津杂1号。每钵装风干土3公斤，基肥用量均为0.30g N，0.30g $P_2O_5$和0.30g $K_2O$。当黄瓜生长至1叶1心时转移到已装土的盆钵中，每钵定植1株，重复3次。当黄瓜长至7张叶片时，选取下位叶(第2叶)进行不同叶面营养液组合的不离体浸泡处理。共设8个处理，见表1。叶面施用的氮肥为$^{15}N$标记的$(^{15}NH_4)_2SO_4$，$^{15}N$丰度62.9%。其中微肥为EDTA螯合态的Cu、Zn、Fe、Mn混合物(MMF)，含Cu、Zn、Fe、Mn均为100mg/kg。天然植物生长活性物质系提取家蚕蚕粪得到的溶液，含可溶性氨基酸总量5.50g/L，含类细胞激动素、生长素和赤霉素等植物生长调节物质总量$0.994\times10^{-9}$mol/mL，三十烷醇1362mg/L，以下简称"活性物质"(NPGS)。每个处理的每张叶片有含有不同成分的200mL溶液浸泡处理2小时，然后取出叶片，每隔24小时，48小时，72小时和108小时测定浸泡叶的光合速率，叶绿素含量，并分别采摘所有的叶片及其相应的茎秆，测定其全N、全P、全K及$^{15}N$丰度。采用美国Michigan大学Jyung W. H等(1959年)提出的"叶片清洗技术"[8]和"同位素示踪法"[2]研究标记的$(^{15}NH_4)_2SO_4$被黄瓜叶片吸收的速率和迁移率。

**表 1　黄瓜叶面不同营养液的试验处理**

Table 1　Experiment treatments of different foliar nutrient components

| 处理编号 Treat. No. | 叶面营养液 Foliar nutrient solutions | 200mL溶液中所含物质量(克) Amount applied in 200mL solution (g) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $(^{15}NH_4)_2SO_4$ | $KH_2PO_4$ | MMF | NPGS |
| 1 | 对照($H_2O$) | - | - | - | - |
| 2 | 活性物质(NPGS)[1)] | - | - | - | 2 |
| 3 | $^{15}N$ | 0.89 | - | - | - |
| 4 | 微肥(MMF)[2)] | - | - | 0.08 | - |
| 5 | $^{15}N$+活性物质 | 0.89 | - | - | 2 |
| 6 | $^{15}N$+PK | 0.89 | 0.658 | - | - |
| 7 | $^{15}N$+PK+微肥 | 0.89 | 0.658 | 0.08 | - |
| 8 | $^{15}N$+PK+微肥+活性物质 | 0.89 | 0.658 | 0.08 | 2 |

1) NPGS: natural plant growth stimulators, same as follows.

2) MMF: mixed microelement fertilizer, including EDTA-Fe, EDTA-Zn, EDTA-Cu and EDTA-Mn.

## (二)大棚小区试验

田间小区试验土壤为白浆土，pH6.30，有机质15.0g/kg，全N11.5g/kg，速效P8.75mg/kg，速效K163mg/kg。布置在江苏东海横沟乡基肥用量一致，黄瓜长势均匀的一个蔬菜大棚内，黄瓜品种：津杂3号，叶面喷施试验同样设8个处理(同盆栽试验，见表1)。待黄瓜生长至出现小瓜用微型喷雾器将上述不同组合的营养液喷施黄瓜所有叶片，每株25mL，每个处理6株，共设3个重复，随机排列。每隔5天喷施1次，共3次，至第1次喷施后15天采样，测定黄瓜的产量和品质。

## (三)测定方法

$^{15}N$丰度　采用光谱法(陈铨荣等，1990)[2]；土壤和植株N、P、K及果实品质分析测定，参见土壤农化分析(史瑞和、鲍士旦等编，1986)[1]；叶绿素含量，用日产502型叶绿素计测定；叶片光合速率，用日产HORIA-ASSA-1010植物$CO_2$同化分析仪闭路气路测定。

# 二、结果与讨论

## (一)不同叶面营养液对黄瓜营养状况的影响

黄瓜叶面施用氮、磷、钾肥料后可相应提高这些营养元素在体内的含量(表2)。凡是喷施含有N或P或K的营养液处理,地上部平均含N或P或K的量都极显著地高于其它处理,说明N、P、K三要素可被黄瓜叶片快速吸收并运输到植株的其他部位。除了叶面施用微量元素肥料(MMF)对黄瓜氮素营养状况影响较小外,叶面施用$(NH_4)_2SO_4+KH_2PO_4$与单施$(NH_4)_2SO_4$相比的地上部含N量及其施用$(NH_4)_2SO_4$或微量元素(MMF)与对照相比的地上部全P、全K含量均有极显著的差异,表明在本试验条件下,不同营养元素的叶面配合施用具有明显的促进植物的养分吸收、改善其营养状况的正交互作用。含营养元素成分少到可忽略不计的天然植物生长活性物质同样具有促进作物从根系吸收氮、磷、钾养分,尤其是氮、钾的功效。特别是营养元素与该活性物质的配合施用对改善黄瓜N、P、K营养状况效果最佳。如果说叶面营养元素之间的交互作用有可能是供试土壤中养分的不平衡供应所致,即该活性物质对植物营养状况的影响,可能是通过它所含有的高浓度生长调节物质促进了植物的生长和提高根系活性,从而促进植物的叶面与根系吸收,其机理还有待进一步深入的研究。

表 2 不同叶面营养组分配施对黄瓜地上部养分含量的影响[1)]

Table 2 Effect of different foliar nutrient components on total N, P and K contents above ground part of cucumber

| 处理 Treatment | 全氮 Total N (g/kg) | 全磷 Total P (g/kg) | 全钾 Total K (g/kg) |
|---|---|---|---|
| CK($H_2O$) | 37.1aA | 3.01aA | 22.6aA |
| NPGS | 38.8bB | 3.19bB | 23.5bB |
| $^{15}N$ | 39.3cC | 3.28cC | 24.2cC |
| MMF | 37.6aA | 3.10dD | 24.3cC |
| $^{15}N$+NPGS | 39.7dD | 3.35eE | 24.7dD |
| $^{15}N$+PK | 39.9eD | 3.41fF | 25.4eE |
| $^{15}N$+PK+MMF | 40.1eD | 3.41fF | 25.8fE |
| $^{15}N$+PK+MMF+NPGS | 40.5fE | 3.51gG | 26.1gF |

1) 浸泡108小时后测定,下同。 Determined at 108 hours after dipping second leaf of cucumber.

## (二)不同叶面营养组分配施对黄瓜叶片光合生理的影响

叶绿素与多种营养元素,特别是与氮素营养密切相关。从图1可以看出,虽然黄瓜叶面施肥后24小时,与对照相比,其处理叶的叶绿素含量(SPAD)便开始有差异。但统计结果发现,一直到第48小时,仅处理8(即完全营养液组合)与对照($H_2O$)有显著差异,其它处理的差异不显著,这可能是由于在这段时间内,新的叶绿素还没有完全形成。到第72小时,各种叶面营养处理的叶片叶绿素含量的差异达到最大。其实测的SPAD值依次为处理8: 43.0,处理7: 41.9,处理6: 40.7,处理5: 40.3,处理3: 39.2,处理2: 38.8,处理4: 37.4,对照: 36.4。其中处理6(N+PK)与处理5(N+NPGS)、处理3(N)与处理2(NPGS)均无显著差异。这表明在这几种组分中,单用微量元素成分的叶面施肥对作物叶片叶绿素含量影响相对较小,而活性物质、$(NH_4)_2SO_4$与

$K_2HP_4$对叶绿素形成促进作用显著，且三者的效果基本相当。它们之间的配合施用仍是最大限度提高黄瓜叶片叶绿素含量的有效方法。从第72小时到第108小时不同处理的黄瓜叶片叶绿素含量基本保持不变，且差距有所缩小。而其叶面吸收$NH_4$-N后养分在体内再分配运移也主要发生在72小时之内(沈其荣，徐国华等，待发表)。这表明黄瓜叶面施肥处理对叶片叶绿素含量的影响，与对叶片营养状况的影响是密切相关的。

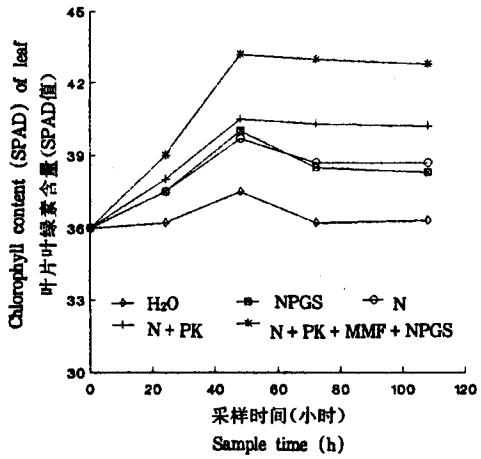


图1 不同叶面肥组分配施对黄瓜处理叶(第2叶)叶片叶绿素含量的影响

Fig.1 Chlorophyll content varies of cucumber treated by different foliar fertilizers(dipping second leaf)

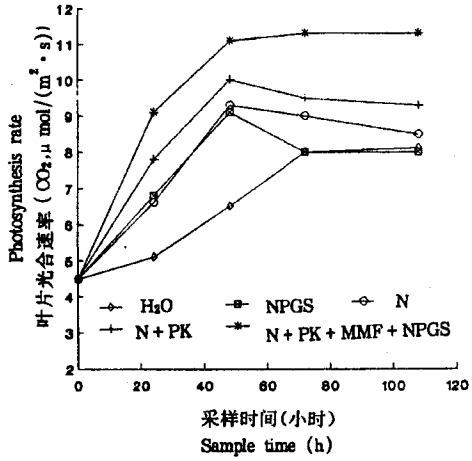


图2 不同叶面肥组分配施对黄瓜处理叶(第2叶)叶片光合速率的影响

Fig.2 Photosynthesis rate varies of cucumber leaf treated by different foliar frtilizrs(dipping second leaf)

不同叶面组分配施后对黄瓜处理叶光合速率的总变化趋势类似于对叶片叶绿素的影响(见图2)，但叶面营养对叶片光合速率的影响比较快。叶面施肥后24小时，不同处理的叶片光合速率开始呈现极显著差异，至第48小时这种差异即达最大，其中叶面单独施用微量元素混合液对黄瓜叶片光合速率影响最小($CO_2$，6.5μ mol/($m^2$·s))。虽然从总体上讲，活性物质、$(NH_4)_2SO_4$与$KH_2PO_4$三者对提高叶片光合速率同样有相近的效果，但影响的速率与持续的时间是不一样的。活性物质发挥作用远较$(NH_4)_2SO_4$与$KH_2PO_4$快，但作用时间短。如在24小时时，处理5[$(NH_4)_2SO_4$+活性物质]较处理6[$(NH_4)_2SO_4$+$KH_2PO_4$]与处理2(活性物质)较处理3[$(NH_4)_2SO_4$]的黄瓜叶片均有较高的光合速率与叶绿素含量，但到第72小时～108 小时，其结果正好相反，即处理6与处理3光合速率、叶绿素含量分别比处理5与处理2高。如果将它们配合施用(处理8)，则无论从影响速度到持续时间均达到相对理想的效果。由此推断，虽然这种植物生长活性物质能显著改善叶片的光合生理效能，但毕竟不同植物的营养元素，其作用的发挥仍需建立在作物均衡供应营养的基础上。

**(三)不同叶面营养组分配施对黄瓜果实产量与品质的影响**

由于叶面施肥改善了作物的养分供应，使光合效能增加，从而促进了植株干物质的积累。从表3中可看出，不同叶面营养组合对黄瓜营养生长均有较大影响。在盆栽条件下，叶面施肥后4.5天(108小时)时，其单株干物质积累或单株叶片总面积及株高的增加幅度一般达10%～30%，其中以微量元素混合组分单施效果稍差，活性物质与$(NH_4)_2SO_4$、$KH_2PO_4$的效果相近。它们的混合施用(处理8)增加效果最显著。

表 3 叶面肥不同组分配施对黄瓜生物量的影响

Table 3 Effects of different foliar nutrient components on growth of cucumber

| 处理号 Treat. No. | 叶面营养液 Foliar nutrient solutions | 株高 Height of plant | | 单株叶面积 Leaf area of plant | | 单株干重 Dry weight of plant | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | cm | % | $cm^2$ | % | g | % |
| 1 | CK($H_2O$) | 21.5 | 100.0 | 298.7 | 100.0 | 0.4069 | 100.0 |
| 2 | NPGS | 23.5 | 109.3 | 333.8 | 111.8 | 0.4676 | 119.9 |
| 3 | $^{15}N$ | 24.0 | 111.6 | 344.0 | 115.2 | 0.4741 | 116.5 |
| 4 | MMF | 23.0 | 117.0 | 313.6 | 105.0 | 0.4474 | 110.0 |
| 5 | $^{15}N$+NPGS | 24.9 | 115.8 | 364.3 | 122.0 | 0.4855 | 119.2 |
| 6 | $^{15}N$+PK | 24.9 | 115.8 | 373.6 | 125.1 | 0.4974 | 122.2 |
| 7 | $^{15}N$+PK+MMF | 26.0 | 121.4 | 388.8 | 130.2 | 0.5034 | 123.7 |
| 8 | $^{15}N$+PK+MMF+NPGS | 27.8 | 129.3 | 408.3 | 136.7 | 0.5319 | 130.7 |

大棚小区试验的结果(表4)与盆栽试验效果有很多相同之处。但是与对照(处理1)相比,单用微肥或活性物质(即处理4和处理2)叶面喷施,大棚黄瓜增产幅度很低,特别是单施$NH_4$-N氮肥,处理3,甚至有减产趋势。这可能是大棚土壤中氮肥过量施用,黄瓜本身氮素过剩,叶面施氮加剧了体内的养分不平衡所致。相反叶面氮肥与磷酸二氢钾或活性物质配合喷施(处理5,6,7,8)则极其显著地提高了黄瓜果实的产量,这进一步证明充分发挥作物叶面施肥增产效果同样需要供应平衡的各种营养元素并辅之以具有生长调节作用和养分吸收分配功能的活性物质。

表 4 叶面肥不同组分配施对黄瓜果实产量及其品质的影响

Table 4 Effects of different foliar nutrient components on yield and quality of cucumber

| 处理 Treat. | 果实产量 Fruit yield $\times10^3$ kg/$hm^2$ | 粗蛋白 Crude fiber mg/g | 粗纤维 Crude fiber mg/g | 维生素C Vc mg/100g | 可溶性糖 Soluble sugar mg/g | 酸度 Acidity pH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CK($H_2O$) | 10.34aA | 16.0 | 9.83 | 2.49 | 21.4 | 5.65 |
| NPGS | 10.74aA | 21.8 | 8.60 | 2.73 | 22.3 | 5.63 |
| $^{15}N$ | 9.93aA | 28.0 | 9.12 | 2.67 | 27.2 | 5.60 |
| MMF | 10.58aA | 17.5 | 9.39 | 2.51 | 22.3 | 5.63 |
| $^{15}N$+NPGS | 11.98bB | 22.4 | 9.05 | 3.07 | 28.7 | 5.54 |
| $^{15}N$+PK | 13.49cC | 24.5 | 8.72 | 3.36 | 26.0 | 5.56 |
| $^{15}N$+PK+MMF | 12.88cC | 26.8 | 8.91 | 3.31 | 28.6 | 5.64 |
| $^{15}N$+PK+MMF+NPGS | 14.07dC | 28.9 | 7.98 | 3.49 | 31.9 | 5.60 |

1) 大棚试验,以鲜重计。 Field trial, calculated on fresh weight of fruit

从表4的结果还可以看出:(1)与单用微量元素相比,叶面喷施该活性物质具有很强的提高黄瓜果实蛋白质和Vc含量,降低粗纤维含量的功效。(2)与对照(喷水)相比,虽然单独喷施该活性物质、$(NH_4)_2SO_4$或微量元素混合液均有提高黄瓜果实中Vc与可溶性糖含量的作用,但它们的混合施用(处理5、6、7、8)效果显然要大得多。不同叶面营养组分喷施对黄瓜似乎没有影响。(3)凡叶面喷施成分中含$(NH_4)_2SO_4$组分(处理3、5、6、7、8),其黄瓜果实中粗蛋白质的含量均显

著高于其它处理(处理1,2,4),而膳食纤维的含量则低于其它处理。尤以处理8最典型。这显然是由于$KH_2PO_4$、微量元素及活性物质与氮肥配施促进了植株氮的吸收和向果实的运转,相应的减少了无效碳水化合物(膳食纤维)在果实中的积累。现代医学认为,膳食纤维在食物消化中有助于肠的蠕动作用,因而对人类大有裨益[11],但它含量过高又影响果实的口感。因此针对不同的蔬菜品种,合理喷施不同组分配施的叶面肥,有目的地调节作物体内碳水化合物及含氮化合物的变化,从而达到改善农产品品质的目的。

## 参 考 文 献


1 史瑞和,饱士旦主编,1986:土壤农化分析,第2版。中国农业出版社。

2 陈铨荣,米恩富,1987:用光谱法测定植物和土壤中的微量$^{15}N$。原子能农业应用,2:48～52。

3 曾骧,李光星等,1986:苹果树晚秋施用$^{15}N$尿素的运转和分配。园艺学报,13(4):225～231。

4 Bowman D C and Paul J L, 1990: Volatilization and rapid depletion of urea sprayapplied to Kenturky bluegrass turf, J. Plant Nutr. 13(10): 1335～1344.

5 Gooding M J et al, 1992: Foliar urea fertilization of cereals: a review. Fertilizer Research, 32:209～222.

6 Goswami B K and Srivastava G C 1988: Effect of foliar application of urea on leaf senescence and photosynthesis in sunflower. Photosynthetic 22(1):99～104.

7 Grata U C, 1990: Efficiency of foliar as soil application micronutrient anions for crop utilization. Transactions 14th Intermational Congress of SOil Sci. Tokoyo, Japan, August. 14:238～242.

8 Jyung W H, 1959: Foliar absorption of mineral nutrients with special references to the use of radioscopy and the "leaf washing technique", M T Thesis, Michigan State University East lansing, 45.

9 Lundahl W S, 1995: Autoradiography as an aid in determining the grass absorption and utilization of foliar applied nutrients. Plant Physiol. 26(1):792～797.

10 Neumann P M, 1982: Late season foliar fertilization with macronutrients--is there a therotical basis for increased yields? 5: 209.

11 Seshadri k, 1990: Role of foliar fertilization on plant nulrition. in Crops as enhances of nutrient use (Baligar VC et al. eds.), Academic Press Inc, USA.

# BIOLOGICAL EFFECTS OF FOLIAR FERTILIZERS ON CUCUMBER PLANT

Xu Guohua Shen Qirong Pan Wenhui Cao Cuiyue Yu Lin Shi Ruihe
*(College of Res. and Envi. Sci. Nanjing Agri. Univ. 210095)*

## Summary

Both pot experiments using $^{15}N$ labeling technique and field trials were conducted to study the effects of different foliar nutrient components on major nutrients uptake and distribution, leaf photo physiology and yield and quality of cucumber fruit. The main results obtained were as follows: (1) Cucumber was capable of rapidly absorbing N, P and K through its leaves and markedly increasing their contents in the plants. Natural plant growth stimulators(NPGS) had a function of increasing the uptake of N, P and K, especially in the case of mixed foliar application of NPGS with nutrients. (2) Each of the applications of suitable concentration of NPGS, $(NH_4)_2SO_4$ and $KH_2PO_4$ nearly had the same effects of significantly enhancing the chlorphyll content and photosynthesis rates of dipping leaves, with NPGS having more rapid but shorter continuing function than $(NH_4)_2SO_4$ and $KH_2PO_4$. The significant differences of photosynthesis rate and chlorophyll in different treatments could reach maximum at the time of 48 hours and 72 hours respectively and maintained for about 108 hours after dipping of foliar nutrients, which showed the effects of foliar nutrition on photosynthesis of crops generally occurred after three days (72 hours) of foliar fertilizer applied. (3) Application of different foliar fertilizers could increase biological and fruit yields of cucumber, contents of protein, soluble sugar and Vc and decrease the content of crude fiber of cucumber fruit. (4) Among the different combination of foliar nutrients, the rational mixture of suitable concentration of nutrient elements with NPGS had the most optimum results in both effects of stimulating leaf photosynthesis and improving fruit quality and increasing the yield, which showed a markedly positive interaction between the foliar supplement of nutrients and NPGS.

**Key words** Foliar nutrition Cucumber Photosynthesis Yield Quality.