

# 苗期 CO<sub>2</sub> 加富对设施甜瓜生长发育特性的影响

王全智, 冯英娜, 蔡善亚, 颜志明, 王媛花, 巫建华

(江苏农林职业技术学院, 江苏现代园艺工程技术中心, 江苏 句容 212400)

**摘 要:**以甜瓜(*Cucumis melo* L.)幼苗为试材,研究了不同浓度 CO<sub>2</sub> 对其生长发育、产量与品质的影响。结果表明:CO<sub>2</sub> 加富(700 μL/L(处理I)、900 μL/L(处理II)、1 100 μL/L(处理III)、1 300 μL/L(处理IV))增加了幼苗干重,利于培育壮苗。与对照干物重(0.87 g)相比,甜瓜幼苗 CO<sub>2</sub> 加富30 d后,处理I、II、III、IV全株干物重分别达到 1.12、1.29、1.59、1.65 g;壮苗指数分别为 0.211、0.235、0.281、0.293。CO<sub>2</sub> 加富提高了甜瓜产量和果实含糖量,增加了糖酸比,产量增幅达 36.37%~83.12%。

**关键词:**CO<sub>2</sub> 加富;甜瓜;生长发育

**中图分类号:**S 652.619 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)15-0040-03

CO<sub>2</sub> 是光合作用的原料,设施环境 CO<sub>2</sub> 亏缺限制了蔬菜光合作用和产量形成<sup>[1]</sup>,CO<sub>2</sub> 加富对于提高设施环境中蔬菜的产量非常必要。关于 CO<sub>2</sub> 加富的增产效果和作用机理国内外均有报道<sup>[2-3]</sup>,但我国在该领域研究相对较晚,针对当前特定设施条件开展与 CO<sub>2</sub> 加富相关基础研究较少,许多问题尚缺乏系统的试验数据,而且,冬季、早春低温下设施果菜育苗难度大,壮苗的培育尤为重要,影响到甜瓜后期的产量与品质。甜瓜(*Cucumis melo* L.)是我国重要的瓜类蔬菜。近年来,设施蔬菜反季节栽培面积逐年增加,其中设施面积约 3×10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>。为此,试验以甜瓜幼苗为试材,研究了 CO<sub>2</sub> 加富对其生长及产量与品质的影响,以期及早春培育甜瓜壮苗提供参考依据和有效途径。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试甜瓜(*Cucumis melo* L.)品种“中甜一号”由中国农业科学院郑州果树所提供 F<sub>1</sub> 代种。穴盘育苗,育苗基质为泥炭,幼苗 2 片子叶展开后开始进行 CO<sub>2</sub> 加富,CO<sub>2</sub> 为液态,由常州市京华工业气体有限公司提供,纯度≥99%。

**第一作者简介:**王全智(1981-),男,硕士,实验师,现主要从事蔬菜栽培等工作。E-mail:1109238212@qq.com.

**责任作者:**巫建华(1965-),男,博士,推广研究员,现主要从事农业科技推广和教育培训与园艺生产管理及休闲农业指导等工作。

**基金项目:**江苏省农业科技自主创新资助项目(CX(13)3033);江苏省农业三新工程资助项目(SXGC(2013)380)。

**收稿日期:**2015-03-15

### 1.2 试验方法

试验于江苏农林职业技术学院实习训练基地大棚内进行。CO<sub>2</sub> 加富设置 700、900、1 100、1 300 μL/L4 种处理浓度,即处理I、处理II、处理III、处理IV,以不施 CO<sub>2</sub> 小区为对照(CK),其它的栽培管理方式均相同。每处理 3 次重复,共设 15 个区,各处理小区随机排列。每个小区均用聚氯乙烯小拱棚罩住,进行不同浓度 CO<sub>2</sub> 加富处理。CO<sub>2</sub> 加富浓度由 LI-6400 光合测定系统监控。将 CO<sub>2</sub> 钢瓶放置在小区中央,通过塑料管将 CO<sub>2</sub> 气体导入各小区内,从 2013 年 3 月 14 日开始,每天早晨见光 0.5 h 后开始加富,10:30 左右揭棚通风,阴雨天气停施,加富 30 d 后定植,株行距为 40 cm×40 cm,小区面积为 36 m<sup>2</sup> (20.0 m×1.8 m),采用搭架挂蔓栽培方式。

### 1.3 项目测定

加富后第 30 天开始测定指标。叶绿素含量、有机酸含量、过氧化物酶(POD)活性、丙二醛(MDA)含量均参照张宪政等<sup>[4]</sup>的方法测定。

干物质积累的测定:采样取地上与地下 2 个部分器官,至于烘箱中,温度设定为 100℃,杀青 10 min 后转至 70~80℃下烘干,分别称重。

净同化率(NAR, Net Assimilation Rate) =  $(M_2 - M_1) / ((S_2 + S_1) / 2 \times t)$ , 其中  $M_1$ 、 $M_2$  分别为试验开始和结束时的全株干物重, $S_1$ 、 $S_2$  为试验开始和结束时对应的叶面积, $t$  为前后相间隔天数。

果糖、果实蔗糖、葡萄糖、总糖含量的测定方法参照 CHEN<sup>[5]</sup>的方法。

壮苗指数 = (茎粗/株高 + 地下干重/地上干重) × 全株干重,参照马德华等<sup>[6]</sup>的测定方法。

## 1.4 数据分析

数据用 SPSS 软件进行方差分析,并对平均数用 Duncan's 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果与分析

2.1 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜幼苗质量的影响

从图 1 可以看出,与对照相比,甜瓜幼苗地上与地下器官干物质重、全株干重随 CO<sub>2</sub> 加富处理时间的增长而增加。并且 CO<sub>2</sub> 促进了幼苗干物质积累。同时,在相同处理时间内,随 CO<sub>2</sub> 浓度增加,干物质积累量随之增多,还表现为处理Ⅲ、Ⅳ条件下,干物质积累量并没有明显放大,说明 CO<sub>2</sub> 浓度增加到一定程度后,对于干物质积累的促进效应放缓。

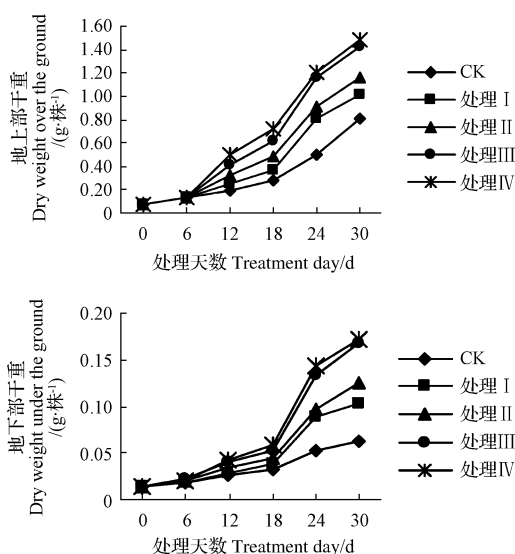
图 1 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜幼苗干物质积累的影响

Fig. 1 Effect of CO<sub>2</sub> enrichment on the accumulation of dry matter in melon

从表 1 可以看出,CO<sub>2</sub> 加富使甜瓜的根冠比、净同化率(NAR)增加,壮苗指数升高,说明 CO<sub>2</sub> 加富为甜瓜生产提供了充足的光合作用原料,净同化率向根系转移增多,提升了幼苗质量。

表 1 甜瓜幼苗 CO<sub>2</sub> 加富处理效果比较

Table 1 The clinical comparison of CO<sub>2</sub> enrichment on melon seedling

处理 Treatment	全株干重 Total dry weight/g	根冠比 Root/shoot	净同化率 NAR (g · m <sup>-2</sup> · d <sup>-1</sup> )	壮苗指数 Vigorous seedling index
CK	0.87c	0.074c	2.234c	0.142c
I	1.12bc	0.102bc	2.465bc	0.211b
II	1.29bc	0.107b	2.927b	0.235b
III	1.59b	0.117a	3.286a	0.281a
IV	1.65a	0.116a	3.357a	0.293a

注:同列不同字母表示差异显著(P<0.05),下同。

Note: Different letters within the same column show significant difference at 0.05 level, the same as below.

2.2 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜生殖生长的影响

由表 2 可以看出,处理 III 果肉最厚,为 4.0 cm,与对照、处理 I 之间差异显著。处理 IV 果形指数最大,达到 1.84,对照果形指数最小(1.42)。CO<sub>2</sub> 加富处理后,果实初收期均比对照提早,处理 I 与处理 II 果实成熟期无明显变化,比对照提前 3 d 采收;与对照相比,始收期最早的为处理 III,且畸形果率由 15.9% 下降到 2.1%,差异显著。

表 2 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜生殖生长的影响

Table 2 Effect of CO<sub>2</sub> enrichment on reproductive growth of muskmelon

处理 Treatment	始花期 Flowering date/月-日	始收期 Harvesting date/月-日	果形指数 Fruit index	肉厚 Flesh thickness/cm	畸形果率 Abnormal fruits rate/%	商品率 Commercial rate/%
CK	05-02	06-04	1.42	3.3c	15.9a	83.5
I	05-01	06-01	1.55	3.5bc	7.0b	89.4
II	04-29	06-01	1.74	3.9a	5.5b	94.2
III	04-28	05-28	1.75	4.0a	2.1b	96.1
IV	04-28	05-30	1.84	3.8ab	3.0b	93.5

2.3 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜产量的影响

CO<sub>2</sub> 加富有利于促进甜瓜增产。由表 3 可以看出,与对照相比,各处理的前期理论 667 m<sup>2</sup> 产量均有不同程度增加,分别达到 671.58、931.25、1 037.73、991.02 kg,处理 III 增产幅度达到 88.90%,总产量增幅达 96.54%。处理 III 的 CO<sub>2</sub> 加富处理对甜瓜增产效应与对照相比达到显著性差异。

表 3 苗期 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜产量的影响

Table 3 Effect of CO<sub>2</sub> enrichment on yield of muskmelon

处理 Treatment	单株产量 Yield per plant/kg	小区平均产量 Average output of test plot/kg	667 m <sup>2</sup> 前期产量 Previous output of 667 m <sup>2</sup> /kg	667 m <sup>2</sup> 总产量 Total output of 667 m <sup>2</sup> /kg	增产率 Increased yield percentage/%
CK	0.59b	103.55b	549.28	1 918.55b	—
I	0.83b	141.21b	671.58	2 616.31b	36.37
II	1.09ab	153.82ab	931.25	2 845.67ab	48.55
III	1.34a	203.52a	1 037.73	3 765.12a	96.54
IV	1.19ab	189.62ab	991.02	3 507.97ab	83.12

2.4 CO<sub>2</sub> 加富对甜瓜品质的影响

由表 4 可以看出,随着 CO<sub>2</sub> 加富浓度的升高,甜瓜

表 4 苗期 CO<sub>2</sub> 加富甜瓜果实中不同部位糖分分布结果

Table 4 Distribution of sugar content in different parts of melon fruits

处理 Treatment	蔗糖含量 Sucrose content/%		葡萄糖含量 Glucose content/%		果糖含量 Fructose content/%		总糖含量 Total sugar content/%	
	中心	边缘	中心	边缘	中心	边缘	中心	边缘
	Center	Edger	Center	Edger	Center	Edger	Center	Edger
	Center	Edger	Center	Edger	Center	Edger	Center	Edger
CK	3.14c	1.51c	1.31c	0.99a	8.67c	4.29c	13.12c	6.79c
I	4.25b	2.43b	1.39c	0.89a	9.89c	6.13b	15.53b	9.45b
II	4.53b	2.59b	1.46c	1.12a	10.15b	6.77b	16.14b	10.48b
III	4.99b	3.21a	1.61b	1.20a	10.94a	7.43a	17.54a	11.84a
IV	5.44a	3.39a	2.11a	1.25a	11.88b	7.31a	19.43a	11.95a

果实内蔗糖、葡萄糖、果糖及总糖含量均有不同程度的增加,甜瓜果实中糖分呈现向近种子部位聚集的现象,尤其是果糖和蔗糖表现聚集相应更加明显。总糖的中心糖含量,各处理均比对照提高。因此,CO<sub>2</sub>加富有利于甜瓜果实糖分积累,改善果实品质,提高果实质量。

### 3 讨论

幼苗干重是光合产物的积累数量,苗期干物质积累为后期生长发育奠定物质基础<sup>[7]</sup>。甜瓜在苗期的生长过程中对CO<sub>2</sub>浓度的升高表现出明显的光合潜能,且高CO<sub>2</sub>浓度更有利于其同化物的积累,有效的降低“午休”程度,延长光合作用时间,提高光能有效利用率<sup>[8]</sup>。CO<sub>2</sub>加富能显著增加大棚西瓜、甜瓜幼苗的叶面积,光合面积增大为制造更多干物质奠定了基础<sup>[9]</sup>。有研究表明,CO<sub>2</sub>加富有利于培育壮苗,但CO<sub>2</sub>浓度过高或者施用时间过长都对蔬菜幼苗的生长不利,可能使幼苗的营养生长过旺。该试验结果表明,1 100 μL/L的CO<sub>2</sub>进行处理(处理Ⅲ)比较适宜。

甜瓜子叶展开即幼苗出土第4天便出现花原基,在薄皮甜瓜出苗后就应加强田间管理,促进花芽分化,以便获得大量高质量的花芽<sup>[10]</sup>。该试验在甜瓜子叶平展后即增施CO<sub>2</sub>,有利于幼苗生长,促进光合产物积累,改善了幼苗的营养供给条件,使得甜瓜花芽分化早,花芽质量提高,不仅能提前开花坐果,而且果形正,畸形果率降低,商品果率提升。

大棚的CO<sub>2</sub>在封闭和半封闭状态下长期处于亏缺状态,影响植物的正常光合作用及生长发育<sup>[11-12]</sup>,高浓度CO<sub>2</sub>可显著提高番茄的单株产量、番茄果实中的糖酸比<sup>[13]</sup>。该研究结果表明,CO<sub>2</sub>加富有利于甜瓜产量以及果实总糖的提升,随着CO<sub>2</sub>浓度的提升,单株产量、果实总糖也随之上升,但过高浓度的CO<sub>2</sub>(1 400 μL/L)条件,

产量有所下降,说明当CO<sub>2</sub>浓度达到一定量时,过多地补充CO<sub>2</sub>并不能有效提高产量,反而会增加施用成本。

(该文作者还有解振强,单位同第一作者。)

### 参考文献

- [1] WEI M, XING Y X, WANG X F, et al. Variation of CO<sub>2</sub> concentration in solar greenhouse in Northern China[J]. Appl Ecol, 2003, 14(3): 354-358.
- [2] WANG J M, LI Y H, HUANG S Q, et al. Effects of elevated CO<sub>2</sub> concentration on growth and photosynthetic characteristics in *Guzmania* 'Danis' [J]. Trop Subtrop Bot, 2004, 12(6): 511-514.
- [3] WANG D L, WANG H L, LUE G H. Study on pumpkin's growth under CO<sub>2</sub> concentrations in energy-saving sunlight greenhouse [J]. J Shihezi Univ (Nat Sci), 2000, 4(2): 103-106.
- [4] 张宪政, 陈凤玉, 王荣富. 植物生理学实验指导书[M]. 辽宁: 辽宁科学技术出版社, 1994.
- [5] CHEN D. Effects of elevated carbon dioxide on loquat's physiological mechanism[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2003.
- [6] 马德华, 吕淑珍, 沈文云, 等. 黄瓜若干性状的相关分析及通径分析[J]. 华北农学报, 1995, 10(2): 34-37.
- [7] WEI M, XING Y X, MA H, et al. Effects of CO<sub>2</sub> enrichment in raising vigorous seedlings of fruited vegetable [J]. Shangdong Agri Univ (Nat Sci), 2000, 1(2): 196-200.
- [8] 赵冠艳, 朱世东, 李东林, 等. CO<sub>2</sub>加富处理甜瓜幼苗光合特性的研究[J]. 农业工程学报, 2012(21): 103-105.
- [9] 朱世东, 徐文娟, 赵冠艳, 等. 大棚西瓜、甜瓜苗期CO<sub>2</sub>加富的生理效应[J]. 华中农业大学学报, 2004, 35: 287-291.
- [10] 郝敬虹, 齐红岩, 阎妮. 薄皮甜瓜花芽分化的形态解剖学研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2007, 38(4): 602-604.
- [11] 王英利, 王勋陵, 岳明. UV-B及红光对大棚番茄品质的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(4): 590-595.
- [12] 侯玉栋, 邢禹贤. 蔬菜CO<sub>2</sub>施肥及研究进展[J]. 山东农业大学学报, 1997, 28(1): 73-77.
- [13] 邹春蕾, 吴凤芝, 刘守伟. 高浓度CO<sub>2</sub>对番茄生长发育及光合作用的影响[J]. 中国蔬菜, 2008(11): 14-17.

## Effect of CO<sub>2</sub> Enrichment on Growth and Development Properties of Melon Seedlings in Greenhouse

WANG Quanzhi, FENG Yingna, CAI Shanya, YAN Zhiming, WANG Yuanhua, WU Jianhua, XIE Zhenqiang

(Jiangsu Vocational and Technical College of Agriculture and Forestry, Jiangsu Modern Garden Engineering Technology Center, Jurong, Jiangsu 212400)

**Abstract:** Taking seedling of *Cucumis melo* L. as material, effects of CO<sub>2</sub> enrichment on growth and development properties of melon in greenhouse were studied. The results showed that different concentrations of CO<sub>2</sub> enrichment (700 μL/L (TⅠ), 900 μL/L (TⅡ), 1 100 μL/L (TⅢ), 1 300 μL/L (TⅣ)) increased dry weight in comparison with ambient CO<sub>2</sub> concentration (control). After CO<sub>2</sub> enrichment for 30 days, total dry weight reached to 1.12 g (700 μL/L), 1.29 g (900 μL/L), 1.59 g (1 100 μL/L) and 1.65 g (1 300 μL/L), respectively comparing with control (0.87 g); and vigorous seedling index were 0.211, 0.235, 0.281, 0.293, respectively. CO<sub>2</sub> enrichment increased yield by 36.37%—83.12%, increased sugar content of fruit and sugar/acid ratio.

**Keywords:** CO<sub>2</sub> enrichment; melon; growth and development