

普通土壤栽培增施 CO₂ 和有机土栽培对日光温室秋黄瓜产量和品质的影响

马俊 贺超兴* 闫妍 李衍素 于贤昌

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 在日光温室条件下, 研究了普通土壤栽培增施 CO₂ 及有机土栽培对黄瓜产量和营养品质的影响, 并对比了两种栽培方式下 CO₂ 的变化。结果表明: 有机土栽培与增施 CO₂ 的普通土壤栽培均在上午提高了温室内 CO₂ 浓度, 使温室中 CO₂ 浓度在上午光合作用最强的时期显著高于普通土壤栽培, 最终表现为黄瓜生长优于普通土壤栽培。生理分析表明: 普通土壤栽培增施 CO₂ 和有机土栽培均可增加黄瓜叶片叶绿素含量, 并显著提高了植株的根系活力和净光合速率。增施 CO₂ 对盛果期黄瓜果实中可溶性固形物和 VC 含量有显著提高作用, 分别提高 10.21% 和 7.23%; 而有机土栽培下黄瓜总糖和粗蛋白含量显著高于其他处理。黄瓜盛果期增施 CO₂ 增产效果明显, 单株产量较对照显著提高, 与有机土栽培产量相当。增施 CO₂ 对黄瓜产量的影响主要在采收中后期; 而有机土栽培对黄瓜产量的影响主要是在采收的前中期。有机土栽培不仅改善了根区环境, 还对温室 CO₂ 浓度有很好改善作用, 可以不用增施 CO₂ 而实现优质高产。

关键词: 日光温室; 黄瓜; CO₂; 有机土; 产量; 品质

中图分类号: S642.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-6346 (2012) 22-0047-07

Effects of Common Soil Cultivation Applying CO₂ and Organic Soil Cultivation on Yield and Quality of Cucumber in Solar Greenhouse

MA Jun, HE Chao-xing*, YAN Yan, LI Yan-su, YU Xian-chang

(Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: The effects of common soil cultivation applying CO₂ and organic soil cultivation on yield and nutrient quality of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in solar greenhouse were studied, and the CO₂ concentrations under two cultivation patterns were compared at the same time. The results showed that common soil cultivation applying CO₂ and organic soil cultivation could all increase CO₂ concentration in greenhouse in the morning, and the CO₂ concentrations in treatment were much higher than that in common soil cultivation control (PCK) during the sunny morning, which made the cucumber growth better than PCK. Physiological analysis indicated that common soil cultivation applying CO₂ and organic soil cultivation could all increase the chlorophylls contents of cucumber leaf blades, root system activity and plant net photosynthetic rate. In applying CO₂ treatment, the soluble solide and VC contents of cucumber were significantly increased by 10.21% and 7.23%, respectively, than that of common soil cultivation

收稿日期: 2012-02-25; 接受日期: 2012-04-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2011BAD12B03), 兵团科技攻关计划项目 (2010ZX04), 天津市农业科技成果转化与推广项目 (201104110)

作者简介: 马俊, 女, 硕士研究生, 专业方向: 设施蔬菜栽培, E-mail: lvlsmaggie@163.com

* 通讯作者 (Corresponding author): 贺超兴, 研究员, 硕士生导师, 专业方向: 设施蔬菜有机栽培, E-mail: hechaoxing@126.com

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveq.or

control. The contents of total sugar and crude protein in organic soil were significantly higher than the other treatments. Applying CO₂ could improve cucumber yield and the single plant yield was significantly higher than that of PCK, similar to that of organic soil cultivation. Applying CO₂ treatment on yield was mainly in the middle and later stage of harvest, whereas the effect of organic soil cultivation on yield was mainly in the early and middle stage of harvest. The organic soil cultivation can not only improve root zone environment, but also increase the CO₂ concentration in greenhouse. Thus we can achieve high yield and high quality without applying CO₂.

Key words: Solar greenhouse; Cucumber; CO₂; Organic soil; Yield; Quality

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是设施园艺的主要作物之一, 约占我国设施蔬菜栽培总面积的 50%。温室黄瓜栽培生长快、产量高、效益好, 深受农户欢迎 (由海霞 等, 2006)。在黄瓜整个生长过程中, 同化物光合作用需要消耗大量的 CO₂, 而冬季日光温室封闭性强, 通风性差, 造成严重的 CO₂ 亏缺, 影响了黄瓜产量潜力的发挥 (魏珉和邢禹贤, 2001)。大量研究表明, 空气中 CO₂ 浓度达 0.10% ~ 0.15% 时可以大幅提高黄瓜的光合强度, 从而提高产量和改善果实品质。早在 20 世纪 20 年代, CO₂ 施肥就在欧美、日本等地推广应用 (高素华和郭建平, 1995)。20 世纪 70 年代以来, 国外设施栽培中 CO₂ 施肥得到了普遍应用, 挪威有 75%、荷兰有 65% 的温室施用 CO₂, 其他如丹麦、日本、英国、美国等在温室中施用 CO₂ 也相当普遍, 研究表明温室 CO₂ 施肥可明显提高黄瓜、番茄产量 (魏珉和邢禹贤, 2001)。我国从 20 世纪 80 年代开始, 随着设施栽培的发展, CO₂ 施肥也在黄瓜、番茄等蔬菜生产中得到了一定程度的推广运用, 并取得了一定的应用效果 (高阳俊 等, 2004), 但相关的理论研究尚不多见。有研究表明有机土栽培基质有向日光温室中补充 CO₂ 的效果, 此栽培技术是利用腐熟秸秆、有机肥与土壤配制的蔬菜栽培系统, 具有改善根区营养, 促进甜椒生长的效果 (贺超兴 等, 2004), 可使温室内 CO₂ 日最高浓度在 11 月和 3 月达 1 200 μL · L⁻¹ 以上, 在不施 CO₂ 的情况下保证番茄的正常生长 (陈双臣 等, 2004)。为了明确土壤栽培温室增施 CO₂ 和有机土栽培对黄瓜生长的影响, 本试验研究了有机土与普通土壤栽培增施 CO₂ 的作用效果, 以期为温室增施 CO₂ 技术应用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验于 2010 年 8 ~ 12 月在中国农业科学院蔬菜花卉研究所试验农场日光温室内进行。温室东西长 80 m, 南北长 7 m, 中间由玻璃和 PC 板隔成 3 段, 每段长约 27 m, 分别设置不同处理。温室覆盖塑料薄膜, 透光率大约为 58%, 秋冬季覆盖保温被。

供试黄瓜品种为本所培育的温室黄瓜品种中农 27 号, 8 月 23 日催芽后播种于营养钵内, 营养钵直径 13 cm、高 13 cm, 育苗基质为草炭和蛭石以 2 V: 1 V 配制而成, 播后覆盖基质, 常规苗期管理。于 9 月 10 日双行定植, 株距 0.4 m, 小行距 0.5 m, 大行距 0.7 m, 栽培密度为 2 746 株 · (667 m²)⁻¹。

1.2 试验设计

试验设 3 个处理: ① 有机土栽培 (YCK); ② 普通土壤栽培, 坐果期增施 CO₂ (PCO₂); ③ 普通土壤栽培 (PCK)。每个处理 30 株, 5 次重复。其中有机土由腐熟玉米秸、菜田土、蚯蚓粪 (2 V: 1 V: 1 V) 和少量鸡粪配制而成 (王林闯 等, 2010)。增施 CO₂ 采用 CO₂ 钢瓶释放法, 从坐果后的膨大期开始施用, 晴天 9: 00 开始施用, 每 7 d 施 2 ~ 3 次, 每次释用 CO₂ 约 30 kg · hm⁻², 使温室中 CO₂ 浓度达到 1 000 ~ 1 200 mg · L⁻¹ (魏珉 等, 2003b), 其余 2 个处理常规管理。所有

处理采用常规肥水管理。10月进入采收期,12月底温室最低气温低于 10℃时拉秧,采收期为 2 个月。

1.3 项目测定

使用美国产 ZT-7000 型手持便携式 CO₂ 测定仪对不同温室的 CO₂ 浓度进行实时测定,每隔 30 min 测定 1 次;同时通过旗硕基业公司农用通一体化温室环境采集仪的农业环境远程无线监控管理平台连续记录不同处理温室环境中的 CO₂ 浓度。

使用 LI-6400 便携式光合测定仪测定植物净光合速率等数据。在采收后期分别调查各处理的株高(茎基部到生长点的长度)、茎粗(在地面以上 1 cm 处量取);用 TTC 还原法测定根系活力(刘永军等,2000);采用丙酮提取法测定光合色素含量(刘永军等,2000)。黄瓜进入采收期后,每 3 d 采收 1 次,每次采收后单独测产,最后统计小区总产量。在黄瓜采收中期选取成熟度一致的瓜条样品送至农业部蔬菜品质监督检测中心(北京)测定硝酸盐含量(NY/T 1279—2007)、VC 含量(GB 61095—1986)、总糖含量(NY/T1278—2007)、粗蛋白含量(GB/T 8856—1988)等营养品质指标,可溶性固形物含量用日本 ATAGO 公司生产的数字折射仪 ACT-1E 测定。

1.4 数据分析

试验数据采用 DPS 软件 Duncan 新复极差法进行统计分析,采用 Microsoft Excel 软件进行作图比较。

2 结果与分析

2.1 日光温室 CO₂ 浓度的日变化规律

从图 1 可以看出,在黄瓜采收期不同处理下温室 CO₂ 浓度有明显差异,室外自然状态下的 CO₂ 浓度为 434~487 mg·L⁻¹,一天中 CO₂ 浓度变化不大。黄瓜苗期因生长量小,光合强度低,温室中 CO₂ 浓度一直保持在 400 mg·L⁻¹ 左右,接近室外 CO₂ 浓度,可见黄瓜苗期原则上可以不施 CO₂。进入采收期的黄瓜,植株较为高大,晴天光合作用强烈,在普通土壤栽培条件下,其日光温室的 CO₂ 浓度略高于苗期,但明显低于有机土栽培,并随着光合作用的消耗,温室中 CO₂ 浓度在 9:00 后放风前达最小值,甚至低于外界环境中 CO₂ 浓度,处于 CO₂ 亏缺状态,此时打开风口放风,9:30 左右温室内 CO₂ 浓度达到了 490 mg·L⁻¹,接近室外 CO₂ 浓度,在 13:00 左右又再次下降,说明开风口并不能完全解决温室普通土壤栽培中 CO₂ 亏缺的问题,因此有必要增施 CO₂。而阴天由于光照较弱,光合作用不足,CO₂ 浓度下降缓慢,基本可以满足光合生长需求,

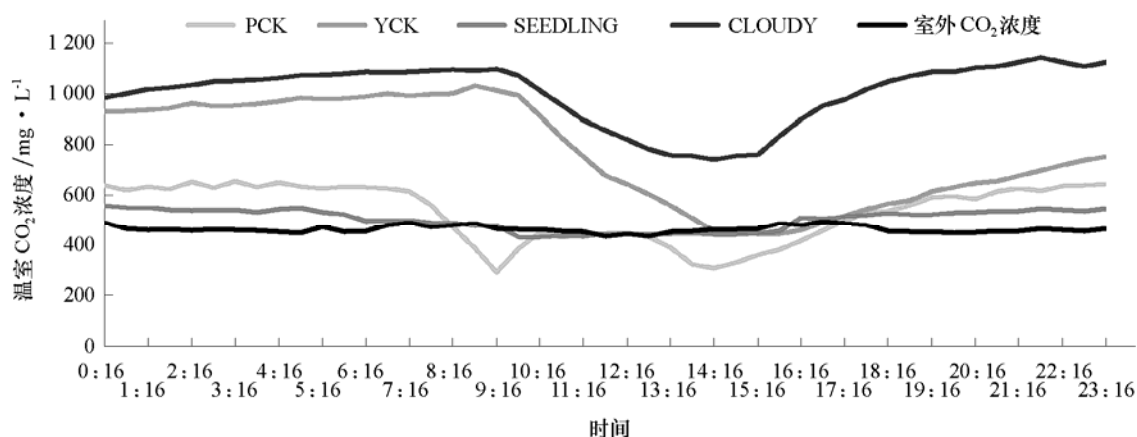


图 1 自然光温条件下黄瓜采收期日光温室 CO₂ 浓度日变化规律

PCK, 普通土壤栽培(晴天); YCK, 有机土栽培(晴天); CLOUDY, 有机土栽培(阴天); SEEDLING (STAGE), 蔬菜定植至开花前。

可以不用增施 CO₂。

采用有机土栽培, 则温室内 CO₂ 浓度在日出前明显高于普通土壤栽培(图 1), 可达 1 000 mg · L⁻¹ 左右, 这与植株呼吸和根区有机物的降解密切相关。但有机土栽培下晴天和阴天的 CO₂ 浓度变化有明显差异, 表现为晴天温室 CO₂ 的下降速度明显快于阴天, 可见晴天植物的光合强度明显强于阴天, 因此晴天补充 CO₂ 具有更好的经济性和必要性。

对不同处理下温室 CO₂ 浓度变化的比较可见(图 2), 日光温室在 8:00 后, 所有处理的 CO₂ 浓度均随着光照增强迅速下降, 而普通土壤栽培的降幅小于有机土栽培和普通土壤栽培增施 CO₂ 的处理, 可能是过低的 CO₂ 浓度影响到光合速率, 而较高的 CO₂ 浓度有利于光合作用, 从而使其迅速下降到 600 mg · L⁻¹ 以下。而有机土栽培的 CO₂ 浓度虽略低于普通土壤栽培增施 CO₂ 的处理, 但其具有高浓度 CO₂ 维持时间长的特点, 保证了光合作用的持续高效, 防止了 CO₂ 不足现象的发生, 因而保证了植株光合作用的正常进行。

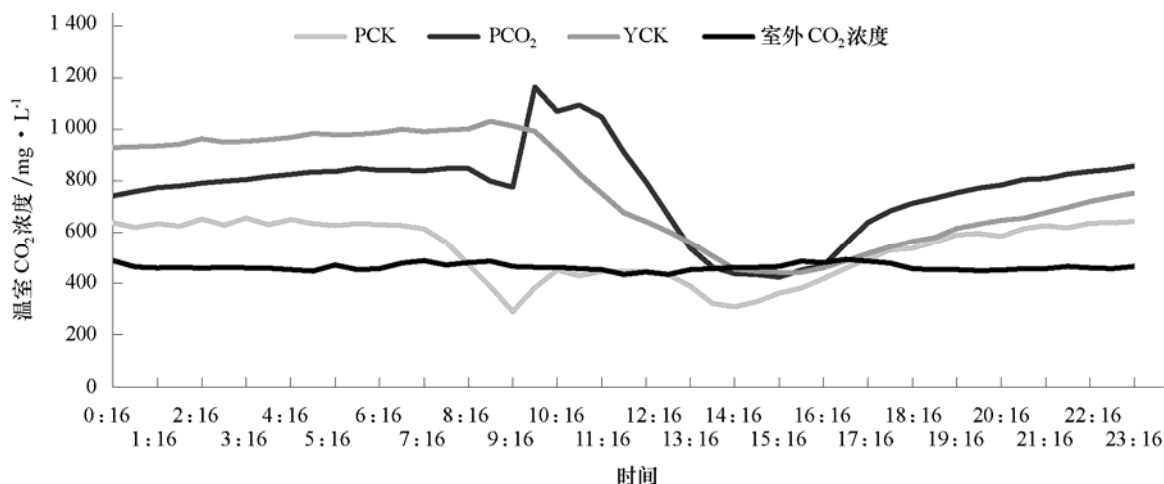


图 2 日光温室黄瓜栽培不同处理 CO₂ 浓度日变化曲线

PCO₂, 普通土壤栽培、坐果期增施 CO₂; PCK, 普通土壤栽培; YCK, 有机土栽培。

2.2 日光温室增施 CO₂ 对黄瓜生长的影响

从表 1 可见, 普通土壤栽培增施 CO₂ 的处理(PCO₂) 其株高显著高于未施用 CO₂ 的普通土壤栽培(PCK), 对茎粗影响不显著。而普通土壤栽培增施 CO₂ 和有机土栽培的黄瓜植株干、鲜质量较普通土壤栽培显著增加。表明这两个处理对黄瓜的叶片生长和叶面积有明显的促进作用。

2.3 日光温室增施 CO₂ 对黄瓜植株生理指标的影响

采用普通土壤栽培增施 CO₂ 和有机土栽培处理的黄瓜较普通土壤栽培均显著提高了黄瓜叶片叶绿素 a 和叶绿素 b 的含量, 特别是增施 CO₂ 处理对提高叶片叶绿素含量具有显著影响, 但对类胡萝卜素含量的影响不大。增施 CO₂ 和有机土栽培处理还显著提高了黄瓜的根系活力, 改善了营养吸收, 与普通土壤栽培相比, 增施 CO₂ 处理和有机土栽培处理的根系活力分别提高了 148.82% 和 136.71%。

由表 2 可知, 增施 CO₂ 和有机土栽培处理还显著提高了黄瓜净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。其中增施 CO₂ 处理的净光合速率又显著高于有机土栽培, 可见较高的 CO₂ 浓度对于黄瓜

表 1 增施 CO₂ 对日光温室黄瓜植株生长的影响

处理	株高/cm	茎粗/mm	干质量/g	鲜质量/g
PCO ₂	675.34 ± 5.29 a	11.19 ± 0.03 a	11.34 ± 0.34 a	33.21 ± 1.73 a
YCK	614.32 ± 1.15 b	11.00 ± 0.53 a	12.23 ± 0.56 a	34.47 ± 2.31 a
PCK	610.34 ± 0.58 b	10.94 ± 0.12 a	9.78 ± 0.32 b	25.24 ± 2.13 b

注: 表中同列数据后不同小写字母表示差异显著(α=0.05), 下表同。

光合作用有明显的促进作用,因此提高温室 CO₂浓度是提高设施蔬菜光合效率的重要方法。而胞间 CO₂浓度则表现为增施 CO₂显著低于普通土壤栽培,这与增施 CO₂后黄瓜光合作用增强,光合速率加快,使胞间 CO₂浓度明显降低有关。

表2 增施 CO₂对日光温室黄瓜植株生理指标的影响

处理	叶绿素 a mg · g ⁻¹	叶绿素 b mg · g ⁻¹	叶绿素 a+b mg · g ⁻¹	类胡萝卜素 mg · g ⁻¹	根系活力 μg · g ⁻¹ · h ⁻¹	净光合速率 μmol · m ⁻² · s ⁻¹	气孔导度 mol · m ⁻² · s ⁻¹	胞间 CO ₂ 浓度 μmol · m ⁻² · s ⁻¹	蒸腾速率 mmol · m ⁻² · s ⁻¹
PCO ₂	1.43 ± 0.09 a	0.53 ± 0.04 a	1.96 ± 0.13 a	0.10 ± 0.01 a	275.02 ± 24.71 a	33.00 ± 0.45 a	0.25 ± 0.03 a	75.10 ± 9.97 c	7.87 ± 0.63 a
YCK	1.39 ± 0.06 a	0.49 ± 0.03 a	1.88 ± 0.11 a	0.11 ± 0.02 a	261.64 ± 15.27 a	26.37 ± 0.80 b	0.22 ± 0.02 a	86.17 ± 5.14 b	6.87 ± 0.04 b
PCK	1.27 ± 0.05 b	0.46 ± 0.02 b	1.74 ± 0.07 b	0.10 ± 0.01 a	110.53 ± 52.83 b	21.54 ± 0.54 c	0.16 ± 0.02 b	96.17 ± 3.60 a	5.78 ± 0.05 c

2.4 日光温室增施 CO₂对黄瓜产量的影响

从表3可见,增施 CO₂对黄瓜有明显的增产效果,其单株产量较普通土壤栽培对照显著提高,增产的原因可归于施用 CO₂和有机土栽培均使黄瓜的单瓜质量显著增加。这表明增施 CO₂促进了光合同化物的合成和瓜条的膨大生长,而有机土栽培对黄瓜也有明显增产效果,特别是促进了单株坐瓜数的增多,因此温室增施 CO₂和有机土栽培均能有效促进黄瓜产量的增加。增施 CO₂和使用有机土基质栽培均显著提高了黄瓜的产量,其中增施 CO₂处理较普通土壤栽培增产 43.79%,有机土栽培处理增产 39.04%。

表3 增施 CO₂对日光温室黄瓜产量的影响

处理	单株产量/kg	单株瓜数	单瓜质量/g	产量/kg · (667 m ²) ⁻¹	比 PCK ± %
PCO ₂	2.85 ± 0.044 a	12.53 ± 1.83 b	227.41 ± 2.73 ab	7 829.50 ± 120.5 a	43.79
YCK	2.76 ± 0.041 a	14.25 ± 1.93 a	193.37 ± 4.67 b	7 571.00 ± 112.5 a	39.04
PCK	1.98 ± 0.083 b	10.93 ± 0.79 b	181.33 ± 3.84 c	5 445.25 ± 229.3 b	—

从图3可见,有机土栽培对黄瓜产量的影响主要是采收前期和中期,而后对产量影响很小。增施 CO₂处理对黄瓜产量的影响刚好相反,在采收的中后期比较明显,而对前期产量的影响则不明显,这是因为有机土栽培使得温室 CO₂浓度始终较高且根区理化性质得到了改善,促进了光合作用和营养吸收,而本试验 CO₂的增施是在瓜条膨大期后采收期进行的,因此采收前期效应并不明显,这一结果表明在黄瓜植株生长期增施 CO₂不但有利于植株生长发育,而且可促进雌花发育和瓜条数增加,最终促进产量的增加。而瓜条膨大期至采收期增施 CO₂,亦可促进果实膨大和花芽分化,因而促进了中后期黄瓜产量的增加。

2.5 日光温室增施 CO₂对黄瓜营养品质的影响

由表4可以看出,增施 CO₂处理可显著提高盛果期黄瓜可溶性固形物和 VC 含量,较普通土壤栽培分别提高 10.21%和 7.23%,对总糖和粗蛋白含量的影响不明显。而有机土栽培可显著提高果实中总糖和粗蛋白的含量,亦显著高于增施 CO₂处理。增施 CO₂处理的硝酸盐含量显著高于有机土和普通土壤栽培,这可能是由于光合作用增强了根系活力和营养运输,根系硝酸还原酶活性增加提高了植株硝酸盐含量,并最终使冬季果实中硝酸盐的含量有所增加(张延丽等,2009)。

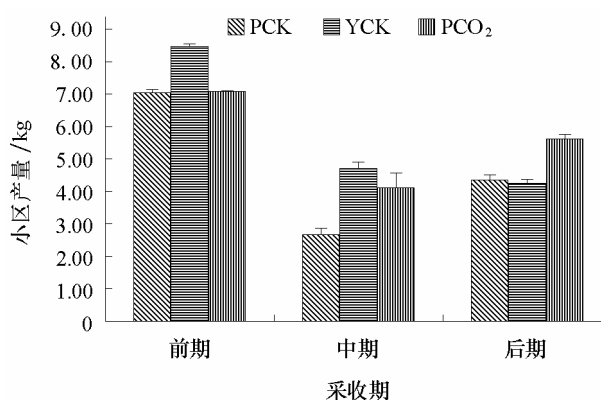


图3 各处理不同采收期黄瓜产量比较

表4 增施 CO₂对日光温室黄瓜品质的影响

处理	可溶性固形物/%	总糖/%	VC/mg · kg ⁻¹ (FW)	粗蛋白/mg · kg ⁻¹	硝酸盐/mg · kg ⁻¹
PCO ₂	4.21 ± 0.06 a	1.59 ± 0.45 b	150.33 ± 0.31 a	1.05 ± 0.01 b	442.67 ± 1.53 a
YCK	3.81 ± 0.10 b	1.79 ± 0.42 a	140.33 ± 0.58 b	1.22 ± 0.12 a	376.67 ± 5.86 b
PCK	3.82 ± 0.10 b	1.59 ± 0.63 b	140.20 ± 1.00 b	1.04 ± 0.01 b	323.00 ± 4.16 c

3 结论与讨论

大量研究表明, 增施 CO₂ 可以提高温室 CO₂ 浓度, 对黄瓜生长、产量和品质有促进提高作用 (魏珉 等, 2003a, 2003b), 本试验结果也表明: 增施 CO₂ 具有明显的提高黄瓜产量、改善营养品质的效果; 应用有机土栽培具有提高温室 CO₂ 浓度的效果。由于有机土栽培除了改善根区理化结构和营养供应外, 还提高了温室 CO₂ 浓度, 促进了植株的生长, 从根区环境改善和光合速率提高两方面增加了光合同化物积累, 最终促进了黄瓜增产并显著提高了黄瓜果实中总糖和粗蛋白等营养品质。

本试验还发现, 日光温室中 CO₂ 的变化规律受天气、作物大小和栽培方式等多种因素影响, 不同处理环境下 CO₂ 浓度变化规律有明显不同, 因此生产上是否增施 CO₂ 应根据这些因素而定, 植株较小、阴天不必施用, 而有机土栽培或大量施用秸秆、有机肥亦可使温室具有较高的 CO₂ 浓度, 在生产上也不用增施 CO₂ 了, 但普通土壤栽培的蔬菜在采收期植株高大、光合作用强烈很可能因 CO₂ 浓度的瓶颈限制了光合作用, 因此在设施蔬菜采收期特别是长季节栽培中增施 CO₂ 对于提高产量、维持生长和改善蔬菜营养品质具有重要作用。已有研究表明, 补施 CO₂ 对黄瓜的生长有明显影响 (艾民 等, 2005), 使株高、茎粗的生长状况优于对照 (崔庆法和王静, 2003)。在本试验中, 普通土壤栽培增施 CO₂ 和有机土栽培的空气 CO₂ 浓度均较普通土壤栽培显著提高, 黄瓜植株的干、鲜质量和叶片叶绿素含量均有所增加。而叶绿素含量的高低与植物光合作用强弱密切相关。因此增施 CO₂ 气肥不但增加了叶绿素含量, 使植株能更好地利用散射光, 而且还提高了光合效率和光能利用率 (郭卫华与李天来, 2004)。此外增施 CO₂ 和有机土栽培还显著提高了黄瓜植株的根系活力。由于根系活力提高而改善了根系营养吸收, 也将直接影响黄瓜的光合速率。因此随 CO₂ 浓度升高可使光合速率提高, 净光合生产力提高 (Bowes, 1993), 故增施 CO₂ 处理和有机土栽培条件下的黄瓜净光合速率都显著高于普通土壤栽培处理。

本试验中, 增施 CO₂ 处理与普通土壤栽培相比, 黄瓜有明显的增产效果, 单株产量最大提高了 0.87 kg · 株⁻¹。而普通土壤栽培增施 CO₂ 在单株瓜数上与不增施处理差异不显著, 而在单瓜质量上差异显著。有机土栽培对黄瓜产量的影响主要是采收的前期和中期, 而后期对产量影响很小; 增施 CO₂ 对黄瓜产量的影响刚好相反, 在采收的中后期比较明显, 而对前期产量的影响非常小。Mortensen (1987) 研究发现, 在 CO₂ 倍增甚至更高情况下, 大部分温室植物开花增多, 花的干质量增加, 落花率减少, 这就是 CO₂ 施肥可以增加产量的原因。有研究表明, 补充 CO₂ 能提高温室黄瓜的总产量 (崔庆法和王静, 2003), 提高 CO₂ 浓度后通过提高光合速率而使有机同化物合成增加, 从而增加了单果质量 (王修兰和徐师华, 1994), 在本试验中, 增施 CO₂ 对盛果期黄瓜可溶性固形物和 VC 含量有显著效果, 而有机土栽培对黄瓜总糖含量的影响高于增施 CO₂ 处理, 这都与温室补充 CO₂ 可以提高净光合速率, 改善了光合同化状况有关 (崔庆法和王静, 2003)。

随着设施栽培技术的进步, 增施 CO₂ 技术和有机土栽培技术也需要不断完善, 在日光温室中采用有机土栽培和秸秆生物发酵均可以克服普通土壤栽培中的 CO₂ 不足, 促进秸秆还田和 CO₂ 资源的高效利用, 而普通土壤栽培和无土栽培由于缺少 CO₂ 源会影响光合作用, 进而降低蔬菜的产量, 影响其风味品质, 若能及时补充 CO₂ 才能保证光能的充分利用, 实现设施蔬菜的优质

高产,因此增施 CO₂是提高设施黄瓜产量的重要技术手段,现阶段绝大多数日光温室蔬菜栽培中,土壤栽培是主要的栽培方式。CO₂不足限制蔬菜优质高产,因此推广有机土栽培技术或应用增施 CO₂技术对于设施蔬菜产量的提高具有重要作用。

参考文献

- 艾民,刘振奎,杨延杰,何莉莉. 2005. 温度、光照强度和 CO₂浓度对黄瓜叶片净光合速率的影响. 沈阳农业大学学报, (8): 414-418.
- 陈双臣,邹志荣,贺超兴,张志斌,杨旭. 2004. 温室有机土栽培 CO₂浓度变化规律及增施 CO₂对番茄生长发育的影响. 西北植物学报, 24(9): 1624-1629.
- 崔庆法,王静. 2003. 补施 CO₂对日光温室黄瓜生长的影响. 西北植物学报, 23(1): 39-43.
- 高素华,郭建平. 1995. 施用二氧化碳的现状与前景. 气象科技, (1): 59-64.
- 高阳俊,张乃明,张玉娟. 2004. 设施栽培增施二氧化碳对西芹影响研究. 农业现代化研究, (4): 317-320.
- 郭卫华,李天来. 2004. 不同有机物料配施对日光温室内 CO₂浓度及黄瓜生理效应的影响. 吉林农业大学学报, 26(3): 293-297.
- 贺超兴,张志斌,魏民,徐涵. 2004. 温室甜椒有机化土壤栽培技术研究. 华北农学报, 19(3): 84-87.
- 刘永军,郭守华,杨晓玲. 2000. 植物生理生化实验技术. 北京: 中国农业出版社.
- 由海霞,梁银丽,吕文,陈志杰,杜社妮,徐福利. 2006. 不同作物根系分泌物对黄瓜的化感作用. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, (6): 101-105.
- 王林闯,贺超兴,张志斌. 2010. AM 真菌对不同栽培基质甜椒生长及产量品质的影响. 中国蔬菜, (16): 32-37.
- 王修兰,徐师华. 1994. CO₂浓度倍增对大豆各生育期阶段的光合作用及干物质积累的影响. 作物学报, 20(5): 520-527.
- 魏珉,邢禹贤. 2001. 蔬菜 CO₂施肥效应与机理研究进展. 山东农业科学, (4): 51-53.
- 魏珉,邢禹贤,王秀峰,马红. 2003a. 日光温室 CO₂浓度变化规律研究. 应用生态学报, 14(3): 354-358.
- 魏珉,邢禹贤,王秀峰,王新华. 2003b. 设施蔬菜 CO₂施肥技术研究. 山东农业大学学报: 自然科学版, 34(4): 609-612.
- 张延丽,田吉林,翟丙年,诸海涛. 2009. 不同施氮水平下黄瓜叶片 SPAD 值与硝态氮含量及硝酸还原酶活性的关系. 西北农林科技大学学报, 37(1): 197-201, 206.
- Bowes G. 1993. Facing the inevitable: plants and increasing atmospheric CO₂. Annual Review of Plant Biology, 44(1): 309-332.
- Mortensen L M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouse. Crop responses. Sei Hort, 33: 1-25.

· 书讯 ·

《中国蔬菜栽培学》(第二版)

《中国蔬菜栽培学》(第二版)于 2009 年底出版发行。全书内容分总论、各论、保护地蔬菜栽培、采后处理及贮藏保鲜共 4 篇。总论篇概要地论述了中国蔬菜栽培的历史、产业现状,中国蔬菜的起源、来源和种类,蔬菜作物生长发育和器官形成与产品质量的关系,蔬菜生产分区、栽培制度和技术原理,蔬菜栽培的生理生态基础以及环境污染与蔬菜的关系等;各论篇较详细地介绍了根菜类、薯芋类、葱蒜类、白菜类、芥菜类、甘蓝类、叶菜类、瓜类、茄果类、豆类、水生类、多年生类、芽苗菜以及食用菌类蔬菜的优良品种、栽培技术、病虫害综合防治、采收等方面的技术经验和研究成果;保护地蔬菜栽培篇论述了中国蔬菜保护地的类型、构造和应用,主要栽培设施的设计、施工,保护地环境及调节,保护地蔬菜栽培技术;采后处理及贮藏保鲜篇重点介绍了蔬菜采后处理技术及贮藏原理和方法等。

该书由中国农业科学院蔬菜花卉研究所主编,组织全国有较高学术水平和实际工作经验的专家、学者和技术人员 130 余人分别撰写。该书反映了 21 世纪初中国蔬菜栽培科学研究和蔬菜生产技术的水平,对促进中国蔬菜产业和蔬菜科学技术的全面发展,促进国际间的学术交流,将起到重要作用。

该书由中国农业出版社出版,约 250 万字,装帧精美。内容较全面、系统,科学性、学术性强,亦有较强的实用性,并插有近 500 张彩图,可供相关科研人员、农业院校师生、专业技术人员或管理人员等参考。定价:298 元。邮购价:330 元。

邮购地址:北京市海淀区中关村南大街 12 号 《中国蔬菜》编辑部 邮编:100081 电话:010-82109550

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveq.or