

高 宇,崔世茂,宋 阳,等. CO₂ 加富对番茄幼苗生长及光合特性的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):147-149.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.039

CO₂ 加富对番茄幼苗生长及光合特性的影响

高 宇,崔世茂,宋 阳,孙世君

(内蒙古农业大学农学院,内蒙古呼和浩特 010019)

摘要:以番茄泰科宝石 F₁ 为试验材料,设 4 个 CO₂ 浓度(350 ± 50)、(600 ± 50)、(800 ± 50)、(1 000 ± 50) μL/L,分别对应 CK、C1、C2、C3 等 4 个处理探究 CO₂ 施肥对番茄幼苗生长和光合特性的影响。结果表明,苗期增施 CO₂ 显著提高番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积,与 CK 相比,分别平均提高 12.52% ~ 53.21%、8.23% ~ 30.68%、16.40% ~ 64.16%,同时也显著提高番茄的净光合速率和胞间 CO₂ 浓度,较 CK 分别平均提高 5.34% ~ 23.96% 和 23.79% ~ 53.76%;降低了幼苗叶片气孔导度。随着 CO₂ 浓度增加,番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积、叶片 SPAD 值和净光合速率均呈先增加后降低趋势,总体表现为:C2 > C3 > C1 > CK,即(800 ± 50) μL/L(C2)为最佳 CO₂ 施用量。

关键词:番茄;CO₂ 加富;幼苗生长;光合特性

中图分类号: S641.201 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0147-03

番茄是世界上最主要的蔬菜之一,也是设施栽培面积最大的蔬菜之一,它的消费量在蔬菜中位居第二^[1-2]。番茄不仅含有丰富的抗氧化物质和维生素,而且还具有预防心脏病和消除人体自由基等多种功能^[3-4]。按照设施蔬菜栽培高产、优质、高效、生态、安全的要求,我国设施蔬菜取得了迅猛的发展。截至 2010 年底,我国设施蔬菜年种植面积分别占我国设施栽培面积的 95% 和世界设施园艺面积的 80%,成为世界上设施面积最大的国家^[5]。在我国,设施园艺的发展基本解决了蔬菜供应不足的问题,但也存在一定问题。设施环境相对封闭,CO₂ 得不到补充,经常处于亏缺状态,被认为是影响作物生长发育和产量的重要因子^[6],因此对棚室作物补充 CO₂ 是提高作物产品产量的重要途径之一^[7]。CO₂ 施肥能够促进作物生长和提高产量已有研究^[8-12]。大量研究表明,CO₂ 施肥使得番茄植株株高、茎粗、叶面积等生长指标显著提高^[3-19]。CO₂ 给植物提供了更多光合作用的原料,避免了由于 CO₂ 含量不足对光合作用产生限制。Wu 等认为,高浓度 CO₂ 有利于提高作物光合作用以及生长、产量和水分利用效

率^[7]。本试验针对日光温室低浓度 CO₂,探索 CO₂ 加富对番茄苗期生长和光合特性的影响,以期得到番茄温室栽培适宜的 CO₂ 施用量,为实现内蒙古日光温室蔬菜栽培的高产提供理论指导与技术支持。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料为泰科宝石 F₁ 番茄。育苗基质为蒙大育苗基质(由内蒙古蒙肥生物科技有限公司生产,主要成分为草炭、蛭石、腐熟羊粪)。

1.2 试验地概况

试验于 2017 年 4—7 月在内蒙古农业大学教学试验基地日光温室中进行。测得的当天温室气温见表 1。

表 1 测定当天 09:00—11:00 温室内气温

| 时间 | 各处理时间下的气温(℃) | | | |
|-------|--------------|------|------|------|
| | 6 d | 12 d | 18 d | 24 d |
| 09:00 | 26.5 | 26.5 | 25.0 | 24.0 |
| 10:00 | 29.0 | 33.0 | 29.0 | 30.5 |
| 11:00 | 32.0 | 35.0 | 35.0 | 30.5 |

1.3 试验设计

设置 4 个 CO₂ 浓度,(600 ± 50)、(800 ± 50)、(1 000 ± 50)、(350 ± 50) μL/L,分别计为 C1、C2、C3、CK 4 个处理。4 月 3 日于实验室浸种 4~6 h 后置于 28℃ 的培养箱中催芽,4 月 5 日进行播种育苗。育苗采用 50 穴的穴盘,每穴 1 粒,每处理 6 盘,3 次重复,播种后覆盖蛭石,浇透水。试验在同一温室内进行,采用随机区组设计,设 3 个处理和 1 个对照,每

收稿日期:2017-07-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31060269);内蒙古自治区科技计划(编号:20110710);教育部博士点基金(编号:20101515110005);山西省煤基重点科技攻关项目(FY201402-09)。

作者简介:高 宇(1990—),男,内蒙古包头人,硕士研究生,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:15849126675@163.com。

通信作者:崔世茂,教授,博士生导师,研究方向为设施园艺及抗性生理。E-mail:13789411831@163.com。

[15] Shi D C, Sheng Y M. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors [J]. Environmental and Experimental Botany, 2005, 54(1): 8-21.

[16] 徐芬芬. 盐碱胁迫对菠菜种子萌发的影响及其生理差异[J]. 种子, 2015, 34(1): 77-79.

[17] 李 莉, 张一弓, 贾纳提, 等. 盐碱胁迫下新疆野豌豆种子萌发及幼苗生理响应[J]. 草业学报, 2016, 25(9): 46-53.

[18] 代莉慧, 蔡 禄, 张鲁刚, 等. NaCl 和 Na₂CO₃ 胁迫对盐爪爪种子萌发过程中生理生化变化的研究[J]. 种子, 2011, 30(11): 53-55.

个处理 3 次重复。各处理通过搭建塑料小棚使其完全隔开,相互独立。于番茄幼苗刚露真叶时开始增施 CO_2 , 时间为晴天每天 08:00—11:00, 阴天不施。

1.4 测定指标与方法

1.4.1 幼苗株高、茎粗、叶面积的测定 增施 CO_2 后每隔 5 d, 每个处理取 15 株, 重复 3 次, 测定番茄幼苗株高、茎粗、叶面积。株高, 为茎基部到生长点的距离, 用直尺进行测量; 茎粗, 为子叶基部下胚轴的直径, 用游标卡尺进行测量; 叶面积, 为全部真叶面积之和, 用 AM-200 型叶面积仪(英国 ADC 生物科技有限公司)测定。

1.4.2 光合指标测定 光合作用采用美国 Li-Cor 公司生产的 Li-6400 型便携式光合作用测定仪测定, 选处理 12 d 番茄幼苗最佳功能叶片(上数第 2 张展开叶)净光合速率、气孔导度、蒸腾速率、胞间 CO_2 浓度。具体测量时, 每次选择 15 株植物, 对上部的功能叶片进行测定, 重复 3 次, 计算平均值。每隔 5 d 对番茄幼苗叶片进行 SPAD 值的测定。

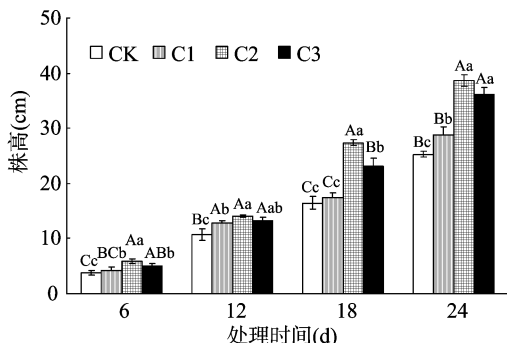
1.5 数据统计与分析

用 Microsoft Excel 2003 软件和 SAS 9.0 对数据进行处理和绘图。

2 结果与分析

2.1 CO_2 加富对番茄幼苗形态指标的影响

2.1.1 CO_2 加富对番茄幼苗株高的影响 株高是反映作物生长特征的重要指标之一, CO_2 加富均能提高番茄苗期的株高(图 1)。处理后 6 d, 各处理均与 CK 存在极显著差异, 且分别提高了 13.51%、61.26%、38.74%; 处理后 12 d, 各处理均与 CK 存在极显著差异, 但相互间差异不显著, 与 CK 相比分别提高 19.85%、31.00%、23.88%; 处理 18 d, C2 与其他处理均存在极显著差异, 较 CK、C1、C3 分别提高 66.40%、57.17%、18.79%; 处理后 24 d, C2、C3 差异不显著, 但与 C1、CK 存在极显著差异。 CO_2 加富均能不同程度提高番茄株高, 总体表现为 $\text{C2} > \text{C3} > \text{C1} > \text{CK}$ 。



图中不同大写、小写字母表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。图 2、图 3 同。

图 1 不同 CO_2 加富下番茄株高

2.1.2 CO_2 加富对番茄幼苗茎粗的影响 茎粗能在一定程度上反映植株营养生长状况和健壮程度。由图 2 可知, CO_2 加富提高了番茄幼苗的茎粗, 处理 6、12、18、24 d, 与 CK 相比分别提高了 2.36%~14.56%、9.69%~27.24%、6.85%~32.95%、12.70%~43.57%。处理 24 d, 茎粗增加最快, C1、C2、C3 分别较 CK 提高 12.70%、43.57%、31.03%, 且与 CK

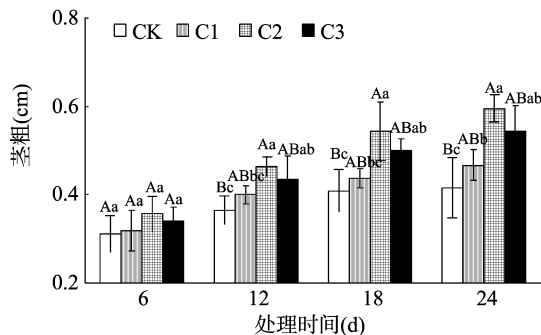


图 2 不同 CO_2 加富处理蕃茄茎粗

存在显著差异。可见, CO_2 加富能够促进番茄植株生长。

2.1.3 CO_2 加富对番茄幼苗叶面积的影响 叶面积的大小与作物光合生产势、光合生产率及产量高低都有一定的关系。如图 3 所示, 随着处理时间的延长, 各处理幼苗叶面积均呈上升趋势。处理 24 d, 叶面积增长最快, C1、C2、C3 与 CK 相比分别提高 1.22、1.81、1.57 倍。 CO_2 加富对番茄幼苗叶面积的作用效果与株高和茎粗相同, 不同处理间总体表现为 $\text{C2} > \text{C3} > \text{C1} > \text{CK}$ 。

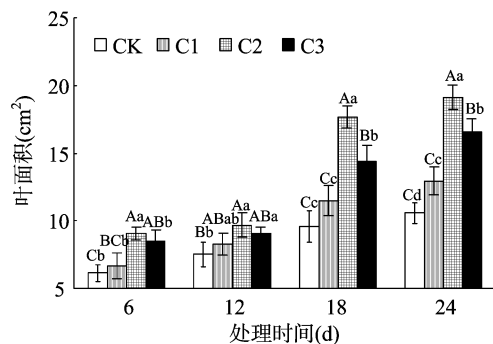


图 3 CO_2 加富下蕃茄叶面积

2.2 CO_2 加富对番茄幼苗光合特性的影响

2.2.1 CO_2 加富对番茄幼苗叶片 SPAD 值的影响 CO_2 加富对番茄幼苗叶片 SPAD 值的影响如表 2 所示, 不同处理间影响程度存在差异。C1 处理 6、12、18 d 后与 CK 差异不显著, 24 d 后与 CK 差异极显著; C2 处理 6、12、18、24 d 后与 CK 存在显著差异, 分别增加 25.62%、16.97%、13.34%、24.42%; C3 处理 6、12、24 d 后与 CK 存在极显著差异, 且分别增加 20.94%、17.06%、21.80%。可见, 增施 CO_2 可显著提高番茄叶片 SPAD 值, C2 和 C3 处理效果更佳。

2.2.2 CO_2 加富对番茄幼苗光合特性的影响 CO_2 是植物进行光合作用的物质基础之一, 其浓度改变将影响作物净光合速率。如表 3 所示, 随着 CO_2 浓度的增加, 植株净光合速率明显提高, C2 最高, C3、C1 次之, CK 最低, 各处理(C2、C3、C1)较 CK 分别提高 24.11%、18.90% 和 5.48%, 且 C2 和 C3 均与 C1、CK 存在极显著差异; C3 胞间 CO_2 浓度最高, 各处理间存在极显著差异; C3 气孔导度(G_s)最低, CK 最高, 各处理间存在极显著差异, CO_2 浓度升高时, 叶片通过减小气孔导度来降低蒸腾作用^[8]。 CO_2 浓度增高, 会引起气孔的不均匀关闭或开度减小, 使气孔阻力加大, 气孔导度降低。C1、C2、C3 气孔导度较 CK 分别降低 23.81%、30.95% 和 52.38%。

表 2 CO₂ 加富对叶片叶绿素 SPAD 值的影响

| 处理 | SPAD 值 | | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| | 6 d | 12 d | 18 d | 24 d |
| CK | 29.27 ± 1.11Bb | 32.83 ± 1.67Bc | 34.70 ± 2.84Ab | 33.17 ± 0.93Bb |
| C1 | 31.20 ± 0.85ABb | 35.83 ± 0.67ABb | 36.17 ± 2.48Aab | 39.57 ± 1.82Aa |
| C2 | 36.77 ± 2.87Aa | 38.40 ± 1.00Aa | 39.33 ± 1.96Aa | 41.27 ± 0.91Aa |
| C3 | 35.40 ± 2.75Aa | 38.43 ± 1.10Aa | 37.20 ± 2.25Aab | 40.40 ± 2.36Aa |

注:同列数值后不同大写、小写字母表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。表 3 同。

表 3 CO₂ 加富对叶片光合特性的影响

| 处理 | 净光合速率 [$\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 气孔导度 [$\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$] | 胞间 CO ₂ 浓度 ($\mu\text{mol}/\text{mol}$) |
|----|--|--|---|
| CK | 3.65 ± 0.01Bb | 0.42 ± 0.04Aa | 345.12 ± 7.38Dd |
| C1 | 3.85 ± 0.16Bb | 0.32 ± 0.02Bb | 427.23 ± 10.68Cc |
| C2 | 4.53 ± 0.04Aa | 0.29 ± 0.03Bb | 499.35 ± 13.41Aa |
| C3 | 4.34 ± 0.12Aa | 0.20 ± 0.03Cc | 530.65 ± 12.32Bb |

3 讨论与结论

于承艳等研究表明,高浓度 CO₂ 条件下,番茄植株的株高、茎周长明显增加^[9]。李宁等研究得出,较高浓度 CO₂ 可以增加番茄的株高、茎粗^[20]。本试验表明,CO₂ 加富均能增加番茄幼苗的株高、茎粗、叶面积,C1、C2、C3 株高、茎粗、叶面积均与 CK 存在显著差异,尤以 C2 和 C3 生长势最强。

高浓度 CO₂ 显著提高叶片 SPAD 值,提高净光合速率^[21]。李清明等研究表明,在干旱胁迫条件下,CO₂ 浓度倍增可显著降低黄瓜幼苗蒸腾速率(T_r)和 G_s 、显著提高 P_n ^[22]。有研究表明,长期 CO₂ 加富和高温条件下,植物净光合速率、胞间 CO₂ 浓度、气孔导度、蒸腾速率、叶绿素含量均显著提高^[23]。本试验结果进一步表明,随着 CO₂ 浓度的增加,番茄幼苗净光合速率亦明显提高,均为 C2 最高,C3、C1 次之,CK 最低。CO₂ 浓度增加常伴随着气孔的关闭和气孔导度降低,胞间 CO₂ 浓度以 C3 最高,气孔导度以 C3 最低,CK 最高。

增施 CO₂ 显著提高了番茄幼苗净光合速率和胞间 CO₂ 浓度,降低了叶片气孔导度,促进了幼苗的株高、茎粗、叶面积、叶片 SPAD 值的生长。以浓度为(800 ± 50) $\mu\text{L}/\text{L}$ 的效果最好,更适合作为我国北方高寒地区蕃茄设施栽培。

参考文献:

- [1] Hebbar S S, Ramachandrappa B K, Nanjappa H V, et al. Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) [J]. European Journal of Agronomy, 2004, 21(1): 117–127.
- [2] Altan A, McCarthy K L, Maskan M. Evaluation of snack foods from barley – tomato pomace blends by extrusion processing [J]. Journal of Food Engineering, 2008, 84(2): 231–242.
- [3] Causse M, Buret M, Robini K, et al. Inheritance of nutritional and sensory quality traits in fresh market tomato and relation to consumer preferences [J]. Journal of Food Science, 2003, 68(7): 2342–2350.
- [4] Riso P, Visioli F, Erba D, et al. Lycopene and vitamin C concentrations increase in plasma and lymphocytes after tomato intake. Effects on cellular antioxidant protection [J]. European

- Journal of Clinical Nutrition, 2004, 58(10): 1350–1358.
- [5] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望 [J]. 中国蔬菜, 2011(2): 11–23.
- [6] 曹红红, 张颖, 张翠梅, 等. 我国 CO₂ 气肥生成方法及发展趋势 [J]. 长江蔬菜, 2001(6): 25–27.
- [7] 朱维琴, 章永松, 林咸永, 等. 蔬菜 CO₂ 施肥技术现状及展望 [J]. 农业与技术, 2000(6): 1–5.
- [8] 王修兰, 徐师华, 李佑祥. 大白菜对 CO₂ 浓度倍增的生理生态反应 [J]. 园艺学报, 1994(3): 245–250.
- [9] 魏珉, 邢禹贤, 马红, 等. 果菜苗期 CO₂ 施肥壮苗效果研究 [J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2000, 31(2): 196–200.
- [10] 李方民, 陈怡平, 王勋陵, 等. UV-B 辐射增强和 CO₂ 浓度倍增的复合作用对番茄生长和果实品质的影响 [J]. 应用生态学报, 2006, 17(1): 71–74.
- [11] 林毅, 柯夏生, 江学文, 等. 大棚西瓜增施 CO₂ 气肥效果初探 [J]. 中国瓜菜, 2003(1): 14–15.
- [12] 董金龙, 李汛, 段增强, 等. CO₂ 施肥对设施黄瓜生长和土壤氮素转化的影响 [J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2): 195–200.
- [13] Schimel D. Climate change and crop yields: beyond Cassandra [J]. Science, 2006, 312(5782): 1889–1890.
- [14] 朱世东, 徐文娟. 大棚樱桃番茄 CO₂ 加富的生理效应 [J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(2): 127–131.
- [15] 陈双臣, 邹志荣, 贺超兴, 等. 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 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1624–1629.
- [16] 刘金泉, 严海欧, 张清梅, 等. CO₂ 加富和短期昼间亚高温对温室嫁接黄瓜生长及叶片保护酶系统的影响 [J]. 中国瓜菜, 2016, 29(6): 14–17.
- [17] Wu D, Wang G. Interaction of CO₂ enrichment and drought on growth, water use, and yield of broad bean (*Vicia faba*) [J]. Environmental and Experimental Botany, 2000, 43(2): 131–139.
- [18] 张小全, 徐德应, 赵茂盛, 等. CO₂ 增长对杉木中龄林针叶光合生理生态的影响 [J]. 生态学报, 2000, 20(3): 390–396.
- [19] 于承艳, 都韶婷, 邢承华, 等. CO₂ 浓度对番茄幼苗生长及养分吸收的影响 [J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版), 2006, 32(3): 307–312.
- [20] 李宁, 王龙昌, 郭文忠, 等. 不同二氧化碳浓度与栽培方式对番茄生长的影响 [J]. 北方园艺, 2014(1): 6–11.
- [21] 熊珺, 曲英华, 范冰琳, 等. 不同 CO₂ 浓度下番茄苗期及果期的光合特性 [J]. 北方园艺, 2015(9): 6–9.
- [22] 李清明, 刘彬彬, 邹志荣. CO₂ 浓度倍增对干旱胁迫下黄瓜幼苗光合特性的影响 [J]. 中国农业科学, 2011, 44(5): 963–971.
- [23] 潘璐, 崔世茂, 宋阳, 等. 长期加富 CO₂ 条件下温室黄瓜光合作用对高温的应答机理 [J]. 北方园艺, 2015(16): 1–6.