

控制条件下 CO<sub>2</sub> 与养分交互作用对番茄幼苗生长动态的影响

李 娟, 周健民, 段增强, 杜昌文, 王火焰

(土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 中国科学院南京土壤研究所, 210008)

**摘 要:** 在营养液栽培条件下, 以番茄(合作 906)为供试作物, 设计不同的 CO<sub>2</sub> 及养分浓度处理, 研究了 CO<sub>2</sub> 与养分的交互作用对番茄生长的影响。结果表明: CO<sub>2</sub> 施肥能增加番茄幼苗各个取样阶段的鲜干生物量、株高、茎粗、壮苗指数, 而这些指标对 CO<sub>2</sub> 响应的强弱依赖于营养液浓度的高低, 高浓度营养液能够强化番茄幼苗对 CO<sub>2</sub> 的响应。CO<sub>2</sub> 施肥降低了番茄幼苗根的长度, 但增加了根干物质含量, 在同一 CO<sub>2</sub> 条件下, 营养液浓度低有利于根增长, 不利于根干物质的积累。根冠比、干鲜比对 CO<sub>2</sub> 的响应随营养液浓度改变并不发生有规律的变化。总的趋势是 CO<sub>2</sub> 施肥在高浓度营养液条件下增加根冠比, 干鲜比。

**关键词:** CO<sub>2</sub>; 施肥; 番茄; 营养液; 干鲜比

**中图分类号:** S641.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2005)06-0056-02

CO<sub>2</sub> 是光合作用的原料之一, 在一定条件下, 植物的光合强度随 CO<sub>2</sub> 浓度的增加而提高。近几十年来, 在设施园艺栽培中, CO<sub>2</sub> 施肥已被广泛用作促进园艺作物的生长和产量提高的一项有效措施<sup>[1,2]</sup>。在国外从 20 世纪 70 年代就利用温室、人工气候箱等封闭或半封闭的环境条件来进行增施 CO<sub>2</sub> 对植物生长的研究, 内容主要集中在 CO<sub>2</sub> 对产量形成和生理指标的影响, 以及环境因素与作物利用 CO<sub>2</sub> 的关系, 国内的研究也主要集中在这些方面。番茄作为全球种植最广泛、消费最多的蔬菜作物之一, 前人在这方面做了很多工作, 他们的研究表明: 增施 CO<sub>2</sub> 能够促进番茄的生长发育, 并能提高番茄的抗病能力<sup>[3-9]</sup>。而 CO<sub>2</sub> 与养分供应强度的共同作用对番茄生长的影响研究却鲜见报道, 因此探讨 CO<sub>2</sub> 施肥与不同浓度的营养液交互作用对番茄生长动态的影响具有重要意义。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

番茄品种为合作 906, 属中早熟品种, 长势旺盛, 高株自封顶, 抗病性强, 第 7 节左右着生一穗果, 耐高温, 干旱, 果实鲜艳, 深粉红色, 高桩苹果型, 绿果肩极少, 无裂纹。番茄果实大, 平均单果重 400 g(克), 最大果 800 g(克)以上, 有“番茄大王”称谓。它还具有易坐果、产量高、果实耐运输等优点。我国番茄产区均可种植。



**第一作者简介:** 李娟, 女, 1978 年生, 1995 年~1999 年就读于西北农业大学园艺学院并获学士学位, 2000~2003 年就读于西北农林科技大学园艺学院并获得硕士学位, 现为中科院南京土壤研究所

读博士研究生, 师从周健民研究员, 主要从事设施蔬菜二氧化碳施肥方面的研究工作。

\*基金项目: 国家自然科学基金重点项目(编号 30230250)。

收稿日期: 2005-06-03

### 1.2 试验设计

采用 CO<sub>2</sub> 生长箱(VS-3DMC), 设两个 CO<sub>2</sub> 浓度处理: 正常大气环境作对照(360 μmol·mol<sup>-1</sup>); 高 CO<sub>2</sub> 浓度处理(720 μmol·mol<sup>-1</sup>), 每个 CO<sub>2</sub> 浓度下设 4 个不同浓度营养液处理, 各处理基本营养液为山崎番茄营养液, 1/2 浓度是指将原液稀释一倍, 以此类推, 详见表。

试验处理表

处理	h1	h2	h3	h4	l1	l2	l3	l4
CO <sub>2</sub> 浓度	720	720	720	720	360	360	360	360
营养液浓度	1/2	1/4	1/8	1/16	1/2	1/4	1/8	1/16

挑选大小一致的番茄种子在常温清水中浸泡 4 h(小时), 再将种子在 10% 的磷酸三钠溶液中消毒 30 min(分钟), 清水冲洗干净, 置于装有两片湿滤纸的培养皿中, 在 26℃ 的恒温培养箱中催芽, 每隔 24 h(小时)用同温度的自来水冲洗, 待种子露白后, 播入洁净的湿石英沙中育苗, 等到两片子叶完全展开, 移栽到 1.2 L(升)营养钵中, 每盆栽 2 株, 每处理 12 钵, 6 次采样, 每次采样有 3 个重复, pH 为 6.0±0.2, 每 3 d(天)更换一次。

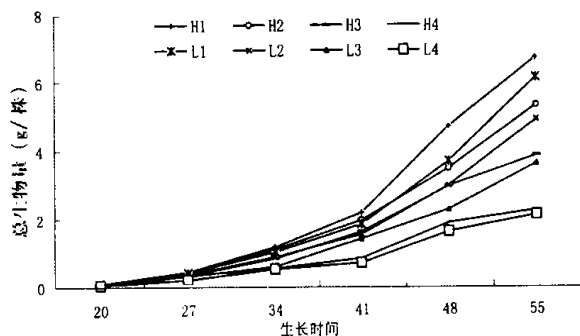


图 1 总生物量的动态变化

番茄在 CO<sub>2</sub> 生长箱(VS-3DMC)中生长, 以严格控制 CO<sub>2</sub> 浓度, 生长期温度白天 25℃, 晚上 15℃, 光照时间为

14 h/d(小时/天), 光照强度为 11 000 Lx(勒克斯), 相对湿度 60%。

1.3 样品采集与测定

番茄生长过程中, 20 d(天)时第一次取样, 以后每隔 7 d(天)取一次样。采样时, 用蒸馏水冲洗根并用吸水纸吸干剩余水分, 将植株分为叶、茎、根, 放入纸袋, 称鲜重, 在 105 ℃ 杀青, 75 ℃ 烘至恒重并称干重。

1.4 数据分析

利用 Excel 软件对结果进行分析。

2 结果与分析

2.1 CO<sub>2</sub> 施肥与不同浓度营养液交互作用对番茄幼苗生长动态的影响

从图 1 中可以看出干生物量的积累开始比较缓慢, 然后快速增加, CO<sub>2</sub> 施肥能促进干物质的积累, 27 d(天)以后番茄各处理干物质积累开始有明显差别。同一养分浓度条件下, 高 CO<sub>2</sub> 条件下的生物量总是高于低 CO<sub>2</sub> 条件下的生物量。在同一 CO<sub>2</sub> 条件, 番茄干物质积累随营养液浓度的增加而增加。番茄幼苗的鲜生物量、茎粗与株高对 CO<sub>2</sub> 的响应与干生物量对 CO<sub>2</sub> 的响应相似。虽然 CO<sub>2</sub> 施肥降低了根长, 但 CO<sub>2</sub> 能增加番茄幼苗各个取样阶段的根干物质的积累。在同一 CO<sub>2</sub> 浓度条件下, 番茄根的长度随营养液浓度的增加而降低, 但根生物量随营养液浓度增加而增加。壮苗指数反映幼苗的健壮程度, 其计算公式为: 壮苗指数 = 100% × (茎粗 × 全干重) / 茎长, 将各个取样阶段的观察值代入计算后可知, CO<sub>2</sub> 施肥可以在番茄幼苗的各个阶段促进幼苗健壮生长, 增加壮苗指数。在同一 CO<sub>2</sub> 条件下, 营养液浓度越高, 壮苗指数越大。从这些现象可以发现 CO<sub>2</sub> 施肥有利于培育壮苗, 结合高浓度养分供应将会进一步促进番茄生长。

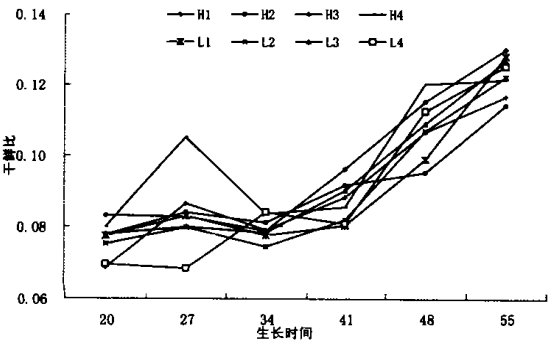


图 2 总生物量干鲜重比动态变化

干鲜比描述干物质占鲜重量的百分比, 从图 2 中可以看出番茄幼苗总生物量干鲜比随生育期的延长是逐渐增加, CO<sub>2</sub> 施肥对干鲜比的作用随营养液浓度的不同而不同, 并随不同生长阶段而发生变化。而且干鲜比对 CO<sub>2</sub> 施肥的响应并不随营养的浓度变化而发生规律的变化, 可能是由于番茄在生长环境的光照条件不均匀造成的。

2.2 CO<sub>2</sub> 施肥与不同浓度营养液交互作用对番茄幼苗干物质分配动态的影响

根冠比(R/S)表示的是生物体地上部分与地下部分的分

配比例(重量比), 因此, 它作为作物生长特征值之一常常被用来说明作物长势的动态变化及作物生长环境的适宜程度。显然, 只有根冠比保持在一定的范围之内, 才能获得较高的经济产量。生产上可以通过施肥、灌溉等土壤管理措施、控制温度、光照条件、以及调节植株等来调节这种相关关系。图 3 是 4 种不同营养液处理分别在 CO<sub>2</sub> 施肥与对照条件下生长的番茄的根冠比随时间变化的结果, 由图可见, 8 种处理的 R/S 随时间的变化都呈高一低一高一低一平稳的趋势。CO<sub>2</sub> 施肥和营养液均能影响干物质在番茄体内的分配, 改变根冠比。在高浓度营养液条件下, CO<sub>2</sub> 施肥能增加番茄根冠比, 在低浓度营养液条件下, CO<sub>2</sub> 施肥则降低根冠比。在低 CO<sub>2</sub> 浓度条件下, 番茄幼苗根冠比随营养液浓度的升高而降低, 表明营养液浓度低的条件下, 植物需要扩大根系以增加养分吸收, 能够提高植物利用养分的能力。

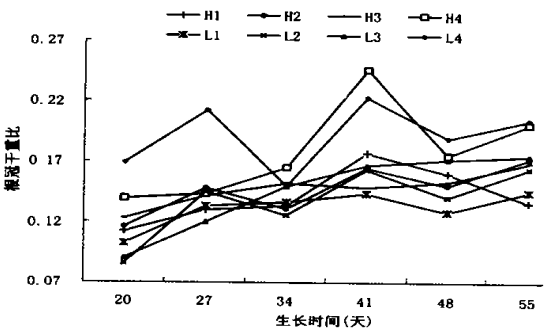


图 3 根冠干重比的动态变化

3 小结

CO<sub>2</sub> 施肥能增加番茄幼苗各个取样阶段的鲜干生物量、株高、茎粗、壮苗指数, 这些指标对 CO<sub>2</sub> 响应的强弱依赖于营养液浓度的高低, 高浓度营养液能够加强番茄幼苗对 CO<sub>2</sub> 的响应。CO<sub>2</sub> 施肥降低了番茄幼苗根的长度, 但 CO<sub>2</sub> 施肥增加了根的干物质含量, 积累量随营养液浓度的增加而增加。在正常浓度条件下, 当养分浓度降低时, 植物的根冠比增加, 表现出一定的养分供应强度不足, 而施肥则可以增加养分的吸收能力缓解这种不足。总之, CO<sub>2</sub> 浓度升高结合高浓度养分更有利于培育壮苗, 促进番茄生长。

参考文献:

[1] Mortensen L. Review: CO<sub>2</sub> enrichment in greenhouses; crop responses Sci. Hort., 1987, 33; 1~25.  
[2] Wittwer S. W., Robb W. Carbon dioxide enrichment of greenhouse atmospheres for food crop production. Econ. Bot., 1964, 18; 34~56.  
[3] Morgan J. V. The influence of supplementary illumination and CO<sub>2</sub> enrichment on the growth, flowering and fruiting of the tomato Acta Horticulturae, 1971, 22; 187~198.  
[4] 王兴民. 蔬菜大棚栽培与 CO<sub>2</sub> 施肥[J]. 北京农业, 1990(1); 28.  
[5] Frydrych J. Factors affecting photosynthetic productivity of sweet pepper and tomato grown in CO<sub>2</sub> enriched atmosphere. Plant Physiol., 1984, 62; 95~101.  
[6] Jwa N. S. Influence of elevated CO<sub>2</sub> concentration on disease development in tomato. New Phytologist, 2001, 149(3); 509~518.