专题讲座

# 蔬菜设施栽培 $CO_2$ 施肥技术(一)

贺超兴 张志斌 王怀松 王耀林

蔬菜设施栽培增施 $CO_2$ 技术是实现蔬菜高产优质的重要技术措施之一。国外对 $CO_2$ 施肥技术研究较早,应用较普遍,增产效果十分明显。我国自 70 年代后开始对 $CO_2$ 施肥技术进行研究,并小面积应用,取得了较好的效果。随着生产的发展,目前,$CO_2$ 施肥已逐渐受到重视,但由于技术条件、经济水平、$CO_2$ 来源等原因限制,该项技术的推广应用速度仍较缓慢。近年来,随着设施栽培面积急剧扩大,国外大型连栋温室与现代化栽培配套技术的引进和消化吸收,设施内 $CO_2$ 施肥作为一项高产、优质、抗病的技术措施,越来越受到园艺工作者和广大菜农的关注。

## 1 $CO_2$ 在植物光合作用中的地位与效应

光合作用是绿色植物生命活动的基本特征,是栽培作物生长发育的物质能量基础。作物通过根系吸收水分和无机盐类,利用空气中的 $CO_2$ 在日光的照射下进行光合作用生成有机物质。作物干样质量的 85 %是糖及其他碳水化合物,其中的碳大多数来自于空气中的 $CO_2$,所以它是植物光合作用的主要碳源,空气中 $CO_2$ 浓度高低直接影响着作物光合作用的效率。

各种作物对 $CO_2$ 的吸收存在着补偿点和饱和点。在一定条件下,作物对 $CO_2$ 的同化量和呼吸消耗量相等的 $CO_2$ 浓度即为 $CO_2$ 补偿点;随 $CO_2$ 浓度升高光合强度也会增加,当 $CO_2$ 浓度增加到一定程度,光合强度不再增加,此时的 $CO_2$ 浓度被称为 $CO_2$ 饱和点;长时间的 $CO_2$ 饱和浓度可对绿色植物光合系统造成破坏而降低光合效率。将低于饱和浓度可长时间保持较高光合效率的 $CO_2$ 浓度称为最适 $CO_2$ 浓度;它们被统称为植物的 $CO_2$ 三基点。不同作物的 $CO_2$ 三基点有所不同,$C_4$ 植物的 $CO_2$ 补偿点接近于 0,$C_3$ 植物的 $CO_2$ 补偿点一般在 30～90 μL·L$^{-1}$ (ppm);植物的 $CO_2$ 饱和点则在 1 000～2 000 μL·L$^{-1}$,最适 $CO_2$ 浓度一般为 600～800 μL·L$^{-1}$。

空气中 $CO_2$ 浓度一般为 300 μL·L$^{-1}$左右,虽然可基本满足作物光合作用的需要,但明显低于其作物所需的最佳浓度,因此,不能充分发挥作物的生产性能,特别是在设施内相对密闭的特殊条件下,日出后作物进行旺盛的光合作用,会使 $CO_2$ 浓度急剧降低,造成 $CO_2$ 亏缺。因而,在设施内增施 $CO_2$,使其保持适当较高的浓度,是强化作物光合作用、促进作物生长发育达到高产优质的有效技术措施。

## 2 设施环境与 $CO_2$ 施肥

自然界中大气 $CO_2$ 浓度有一定的日变化和年变化规律,一般为日出前高、日中低,日较差在 100 μL·L$^{-1}$左右。冬季高、夏季低,年较差在 50 μL·L$^{-1}$左右。

与自然界完全不同,设施内环境是相对密闭的,可根据作物生育要求对栽培环境进行人工调控,如可调控设施内的光照、温度、水肥条件等。冬春季节为防寒保温,通风量很小,设施内 $CO_2$ 浓度变化规律一般为:日出前 $CO_2$ 浓度最高,可达 1 100～1 300 μL·L$^{-1}$;日出后 2 h(小时)则迅速降至 250 μL·L$^{-1}$以下,中午放风前甚至可降至 150 μL·L$^{-1}$,下午放风后基本可维持在 300 μL·L$^{-1}$左右,晚上在密闭条件下,因呼吸作用及土壤释放等原因而逐渐增加至日出前的最高值。可见设施内 $CO_2$ 浓度日变化幅度明显高于露地。

日出前设施内有较高的 $CO_2$ 浓度,但因缺乏光照,作物不能进行光合作用;日出后作物进行旺盛的光合作用,生成大量的有机物质,设施内存贮的 $CO_2$ 很快被消耗掉,因其密闭,得不到外界的补充,因而会造成严重的 $CO_2$ 亏缺,使作物光合效率下降,光合产物减少,当 $CO_2$ 浓度为 80 μL·L$^{-1}$以下时,其光合速率仅为 $CO_2$ 浓度 300 μL·L$^{-1}$时的 25 %～35 %。所以,$CO_2$ 供给不足会直接影响作物正常的光合作

贺超兴,男,副研究员,博士,中国农业科学院蔬菜花卉研究所,北京 100081,电话:010-68919507
张志斌,王怀松,王耀林,通讯地址同第 1 作者



© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

用,而造成减产减收。

设施内特殊的密闭环境条件,一方面可以防止 $CO_2$ 逸散,使 $CO_2$ 浓度有可能高于自然大气,增强光合作用,提高 $CO_2$ 的利用率;另一方面在不通风的条件下,若无 $CO_2$ 补充,因光合作用又易造成 $CO_2$ 亏缺,降低光合作用强度。所以,在设施内温光水肥等条件优化的基础上,$CO_2$ 亏缺已成为制约光合速率的主要因素,此时增施 $CO_2$ 能显著提高光合效率,从而为设施高产优质创造必要的条件。

**3 设施内 $CO_2$ 施肥是实现优质高产的有效措施**

3.1 有利于培育壮苗 增施 $CO_2$ 后可增强作物的光合作用,促进幼苗叶片叶绿素含量的提高,使叶片增厚浓绿。如黄瓜增施 $CO_2$ 后其叶片叶绿素含量由 0.93 mg·g$^{-1}$增加到 1.1 mg·g$^{-1}$,提高 18.75 %,叶片干样质量增加 23.73 %。增施 $CO_2$ 还明显促进营养器官的生长,如使根系发达,茎粗增大,花芽分化节位降低,有利于壮苗的形成。例如:大棚内育苗 $CO_2$ 浓度达到 900 μL·L$^{-1}$,可使番茄株高增加 22 %,茎粗增加 8 %～11 %,植株各部分干样质量增加 50 % 左右,缩短育苗期,提高秧苗素质。因此设施内增施 $CO_2$ 是培育壮苗的有效途径之一。

3.2 加速作物生长发育 增施 $CO_2$ 之所以有效,除了因为补充的 $CO_2$ 有助于提高叶片细胞 $CO_2$ 浓度,直接提高了光合速率外,还可以消除黄瓜等作物"光合午休现象",延长了有效光合作用时间,从而使大量的光合产物向果实和根部输送,促进根系发达,提高吸水吸肥力,植株长势健壮,从而促进了果菜类前期产量的增加。如有试验表明,辣椒前期产量增加 20 %～24 %,番茄增加 64 %,黄瓜增加 15 %～42 %。

3.3 增加产量改善品质 在适宜的条件下,增加温室 $CO_2$ 浓度可显著提高作物的经济产量并改良蔬菜的营养品质,提高商品率。试验表明,温室生产黄瓜、番茄、辣椒、莴苣等蔬菜或甜瓜、草莓和西瓜等瓜果时,当 $CO_2$ 浓度倍增时,其产量平均提高 20 %～40 %。在番茄上表现为促进番茄单果质量的提高和收获果数的增加。不同蔬菜增施 $CO_2$ 的增产效果见表 1。

**表 1 增施 $CO_2$ 对蔬菜的增产效果**

| 蔬菜种类 | 施用 $CO_2$ 浓度 μL·L$^{-1}$ | 增产率 % |
|---|---|---|
| 黄 瓜 | 790 | 41 |
| 番 茄 | 900 | 30 |
| 甜 椒 | 1 000 | 33 |
| 莴 苣 | 800 | 30 |
| 甜 瓜 | 700 | 37 |

增施 $CO_2$ 后,由于光合产物增多,对蔬菜品质有明显改善。如施用 600 μL·L$^{-1}$ $CO_2$ 可使番茄果实中全糖与可溶性固形物含量提高 21.8 %和 14.8 %,番茄单果质量亦明显增大;使黄瓜、番茄产品 VC 含量增加,可使甜瓜单瓜质量增加 15.5 %,含糖量亦有增加等,对其外观质量与内在品质均有明显改善。

3.4 提高作物抗病能力 蔬菜增施 $CO_2$ 后,其植株健壮,叶片肥厚,抗病力大为增强,从而相应降低了温室病害的发生率和危害程度。例如番茄的蕨叶型病毒病发病率降低 32 %,病情指数降低 50 %,对黄瓜霜霉病防效提高 20 %。

**(下一讲重点讲 $CO_2$ 施肥方法和实用技术)**

---

# 欢迎加盟第二届国际温室及设施园艺技术展览会
# (GREENHOUSE'2000)

为适应我国调整农业结构、发展农村经济的新形势,总结、展示"九五"工厂化高效农业示范工程项目及设施园艺取得的成果,为我国"十五"工厂化农业提出可供选择的发展方向和技术关键,促进国际间交流与合作,科技部农村与社会发展司与农业部科技教育司将联合主办"第二届国际温室及设施园艺技术展览会",展览内容涉及温室工程及设施园艺新技术、新工艺、设备、材料、监测、控制、种子种苗等方面,并同期举办"工厂化农业(设施园艺部分)可持续发展研讨会"。时间:2000 年 9 月 19～22 日。地点:北京全国农业展览馆。欲索详情,请与承办单位中国农业工程学会联系:100026 北京市朝阳区东三环北路 16 号中国农业工程学会 电话:(010)64192989/64192986 传真:(010)64192989 E-mail:hqcsae@agri.gov.cn 联系人:张元生 管小冬



© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net