

文章编号 :1003-8701(2004)04-0035-03

CO₂ 气肥对 C₃ 作物产量的影响及增产机理

邵凤云¹, 杨 春¹, 于明彦², 王亚辉¹
徐 哲¹, 张季华¹, 张季英¹

(1. 吉林省双辽市农业技术推广中心, 吉林 双辽 136400; 2. 吉林省农业科学院, 吉林 公主岭 136100)

摘 要: 高光呼吸低光效的 C₃ 作物, 要比低光呼吸高光效的 C₄ 作物对 CO₂ 需要量高得多。当 CO₂ 浓度增加 1 000 mg/kg 时, 黄瓜、番茄和青椒可分别增产 83.28%、69.12% 和 49.28%。随之 CO₂ 浓度的增加, 提高了 C₃ 作物的光饱和点, 从而提高了光能利用率, 增强了光合作用。同时, 又抑制了 C₃ 作物的光呼吸作用, 减少了不必要的能量消耗。

关键词: CO₂; C₃ 作物; 光合作用; 饱和点; 光呼吸

中图分类号: S145.3

文献标识码: A

绿色植物在阳光下吸收 CO₂, 呼出 O₂, 积累 C₆H₁₂O₆ 的过程叫做光合作用。而高光呼吸低光效的 C₃ 作物和低光呼吸高光效的 C₄ 作物在这个过程中却有所不同, 尤其对 CO₂ 的需要量更为不同。C₃ 作物要比 C₄ 作物对 CO₂ 的需要量大得多。植物生理研究表明, 植物进行光合作用需要 CO₂ 最佳浓度为 1 000 mg/kg 左右, 而 C₃ 植物需要 CO₂ 的最佳浓度为 800~1 600 mg/kg。黄瓜、番茄和青椒等蔬菜均属于 C₃ 作物, 仅靠大气中 CO₂ 自然含量(300 mg/kg)是远远不能满足其需要, 加之大棚蔬菜与外部空气相对隔绝, 棚内因光合作用所消耗的 CO₂ 得不到及时补充, 使大棚内的 CO₂ 更为匮乏。成为限制大棚蔬菜产量的重要因素。为此, 我们对 CO₂ 气肥的增产机理进行了探讨。

1 CO₂ 的来源及施用方法

1.1 CO₂ 的来源

CO₂ 的来源如 CO₂ 高压气瓶和 CO₂ 发生器等。这些方法简单、易行、可操作性强, 但成本高。

利用化学反应的方法产生 CO₂, 即碳酸氢铵和工业硫酸(比重为 1.84)反应生成, 反应式为 $2\text{NH}_4\text{HCO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 = (\text{NH}_2)\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ 反应生成的其它物质为硫酸铵和水, 作物均可利用。此方法简单、易行, 原料容易得到, 容易控制 CO₂ 浓度, 无污染, 效果理想, 成本低。

1.2 施用方法

所需材料: 碳酸氢铵、工业硫酸、玻璃或塑料罐头瓶(勿用金属容器)。具体方法是在

收稿日期: 2004-01-13

作者简介: 邵凤云(1946-), 男, 吉林双辽人, 双辽市农业技术推广中心农艺师, 从事农业技术推广工作。

大棚内每 15 m² 左右放一个罐头瓶, 每天早上日出后 1 h 和下午 3 时开始施放 CO₂, 阴天停止。具体操作是将硫酸慢慢倒入装有碳酸氢铵瓶内即可(不可将碳酸氢铵倒入装有硫酸瓶内, 防止反应剧烈, 泡沫飞溅烧伤人员和植物茎叶), 人员撤出后马上关棚, 使棚内尽量保持密闭。

1.3 所需碳酸氢铵和硫酸的计算方法

每次所需碳酸氢铵量(g)=大棚空间体积(m³)×计划 CO₂ 浓度(mg/kg)×0.003 6(每 m³ 发生 1 mg/kg 的 CO₂ 需碳酸氢铵克数)。

每次所需硫酸量(g)=每次所需碳酸氢铵量(g)×0.62(1 g 碳酸氢铵和硫酸反应克数)。

2 增施 CO₂ 气肥对 C₃ 作物的产量影响

在双辽辽北街东风村蔬菜大棚内进行的增施 CO₂ 气肥试验结果如表 1。黄瓜增产 83.28%、番茄增产 69.12%、青椒增产 49.28%。

表 1 大棚蔬菜增施 CO₂ 试验结果

作物	增施 CO ₂			大棚面积 (m ²)	大棚空间 (m ³)	产量 (kg)	折合产量 (kg/hm ²)	比 ck 增产 (%)
	浓度(mg/kg)	开始时间	天数(d)					
黄瓜(处理)	1 000	移栽返青后 4月25日	40	480	754	26 675	555 720	83.28
黄瓜(ck)				480	754	14 554	303 208	
番茄(处理)	1 000	移栽返青后 4月25日	40	480	754	26 361	549 179	69.12
番茄(ck)				480	754	15 587	324 729	
青椒(处理)	1 000	移栽返青后 5月1日	40	329	517	1 533	46 596	49.28
青椒(ck)				66	104	206	31 212	

注: 1. 1 000 mg/kg 不含大气中的自然含量; 2. 增施 CO₂ 气肥可使蔬菜提前上市 10 d 左右。

3 增施 CO₂ 气肥 C₃ 作物的增产机理

3.1 增加光合作用强度

3.1.1 CO₂ 浓度大, 光合作用增强

CO₂ 是光合作用的基本原料之一, 而 CO₂ 的多少又是决定光合作用强弱的基本因子之一。C₃ 作物需要 CO₂ 的最佳浓度为 800~1 600 mg/kg, 也是 C₃ 作物吸收 CO₂ 的饱和点。如超过这个饱和点, 将会引起原生质中毒或气孔关闭, 抑制 C₃ 作物的光合作用。

C₃ 作物的 CO₂ 补偿点在 40~100 mg/kg, 是利用 CO₂ 的高补偿点作物, 所以利用 CO₂ 的能力弱。在光饱和点以下时, C₃ 作物的光合强度仅为 C₄ 作物的 1/3, 此时 CO₂ 浓度低, C₃ 作物表现饥饿, 影响光合作用, 如 CO₂ 浓度超过这个补偿点(40~100 mg/kg), 达到最佳浓度(800~1 600 mg/kg)时, 就会随着 CO₂ 浓度的增加, 光合作用的强度不断增强。有机物(C₆H₁₂O₆)的积累也随之增加。但大气中 CO₂ 的浓度仅为 300 mg/kg, 大棚又与外部相对隔绝, 使棚内的 CO₂ 浓度大幅度下降, 此时补充一定数量的 CO₂, 使棚内 CO₂ 浓度达到 C₃ 作物吸收需要的最佳浓度。这样, C₃ 作物光合作用就有了充足的原料。

3.1.2 CO₂ 浓度大, 能提高光饱和点, 从而提高光能利用率

C₃ 作物是高光呼吸低光效作物, 所以光饱和点较低。在光饱和点以上的光照, 作物不能吸收, 因此, 提高 C₃ 作物的光饱和点是充分发挥光合作用的一个重要因素。

光饱和现象的实质就是光合作用的暗反应速度跟不上强光下的光反应速度, 从而

限制了光合作用强度随着光强的提高而提高。这时 ,如用增加 CO₂ 浓度的方法来改善暗反应条件 ,CO₂ 进入叶细胞的数量就多 , 这就需要一定数量的光能来同化 CO₂ ,使暗反应速度和光反应速度相适应 ,这样就提高了光饱和点 ,使作物充分利用光能来提高光合作用的强度。

3.2 抑制光呼吸作用

光呼吸的基质是乙醇酸 ,是由叶绿体中的核酮糖二磷酸转化而来。核酮糖二磷酸是由 RuDP 羧化酶--加氧酶的双重活性所决定的 ,当 CO₂ 多时 ,它催化 RuDP 加 CO₂ ,产生两个分子磷酸甘油酸 ,而不产生乙醇酸。当 O₂ 多而 CO₂ 少时 ,催化 RuDP 加 O₂ ,产生一个分子磷酸甘油酸和一个分子磷酸乙醇酸 ,磷酸乙醇酸脱磷酸便成为乙醇酸。

根据 RuDP 羧化酶--加氧酶具有双重活性的特性 ,增加 CO₂ 浓度 ,就能抑制乙醇酸的形成。抑制了乙醇酸的形成 ,实际上也就抑制了光呼吸作用 ,从而减少了不必要的能量消耗。

4 小 结

增加 CO₂ 浓度 ,能提高 C₃ 作物的光饱和点 ,从而提高光能利用率 ,使光合作用强度增加 ,又能抑制光呼吸作用 ,减少不必要的能量消耗。试验证明 ,大棚蔬菜增施 CO₂ 气肥 ,表现为大幅度增产。

参考文献 :

- [1] 郑莉荔 ,等 . 植物及植物生理[M] . 北京 :广播出版社 ,1981 .
- [2] 华 孟 . 土壤肥科学[M] . 北京 :广播出版社 ,1982 .
- [3] 李星海 . 作物栽培学[M] . 沈阳 :辽宁科学技术出版社 ,1984 .
- [4] 南林坡 . 大棚蔬菜补充 CO₂ 能增产[J] . 农业科技通讯 ,1989 ,(7) :19-20 .
- [5] 张桂娟 . CO₂ 在大棚蔬菜生产中的应用[J] . 农村科学实验 ,1996 ,(2) :16-17 .

Effect of CO₂ Gas Fertilizer on the C₃ Crop Production and the Mechanism

SHAO Feng-yun, YANG Chun, YU Ming-yan, et al.

(Shuangliao Agricultural Technology Extension Center, Shuangliao 136400, China)

Abstract: Comparing with C₄ crops, C₃ crops need more CO₂ because of their high light respiration rate and low photosynthesis rate. When the concentration of CO₂ reached 1 000 mg/kg, production of cucumber, tomato and pepper increased by 83.28%, 69.12% and 49.28% respectively. The increase of CO₂ raised light saturated point, so the photosynthesis rate lifted and sunlight energy use efficient improved. At the same time, light respiration rate of C₃ crops was limited and lose of energy was reduced.

Key words: CO₂; C₃ crops; Photosynthesis; Light saturated point; Light respiration