二氧化碳浓度升高对植物影响的研究进展

摘要：二氧化碳是作物光合作用的原料，对植物的生长发育会产生显著影响。本文通过对国内外二氧化碳浓度升高的研究现状，归纳出其对植物的影响状况。二氧化碳浓度的升高对植物体的生长整体上具有促进作用，主要表现在植物形态、植物生理、植物根系、产量品质、植物种群、植物群落和植物生态系统。对植物生理的影响主要表现在植物光合作用、呼吸作用、蒸腾作用、植物抗逆性等方面。

关键词：CO_2；植物；影响

0前言

2009年11月24日发布的《哥本哈根诊断》报告指出，到2100年全球气温可能上升7°C，海平面可能上升1米以上。世界自然基金委员会发表的另一份报告称，到2050年，全球海平面将上升50厘米，就全球而言，136座沿海大城市，价值28.21万亿美元的财产将受到影响。为此，就要求大气中的温室气体浓度稳定在450ppm二氧化碳当量，气温升高控制在2°C左右。根据世界银行报告《2010世界发展报告：发展与气候变化》提供的最新资料，在过去150年，由于人类排放的温室气体，全球气温已经比工业化前升高了将近1°C；预计21世纪(指2000-2100年)全球温度将比工业化前总共升高5°C。

CO_2是作物光合作用的原料，CO_2浓度增加及其温室效应引起的气候变化，对植物的生长发育会产生显著影响。近20年来，世界各国科学家对此作了较为详细的研究，其研究涉及到植物的形态学特征、生理生化机制、生物量及籽粒品质等多方面内容，取得了明显的进展。

1 CO_2浓度升高对植物体的影响

1.1对植物形态的影响

CO_2浓度的升高对植物形态具有一定的影响，会使植物的冠幅、高度增大；茎干中次生木质部的生长轮加宽，材积增大；节间数、叶片数增多；叶片厚度增加，栅栏组织层数增加，下表皮有的覆盖有角质层，单位面积内表皮细胞和气孔数量减少；根系数量增多，根幅扩大；果实种子增大。

1.2对植物生理的影响

1.2.1对光合作用的影响

光合作用作为植物物质生产的生理过程，连接植物生长、叶的化学特征、物候和生物产量分配对CO_2浓度升高的反应。CO_2浓度增加直接影响植物光合作用。植物光合作用的CO_2最适浓度约为0.1%。CO_2浓度升高对植物光合作用的促进主要原因如下：

CO_2浓度升高为光合作用提供了较多的原料，提高了1，5-二磷酸核酮糖(RuBP)羧化酶的活性，增强了对CO_2的固定能力；同时抑制了RuBP加氧酶的活性，减少了光呼吸底物乙醇酸的生成，降低了植物的光呼吸强度，从而提高了光合作用效率。

CO_2浓度升高有利于植物叶片单位鲜重或单位叶面积、光合色素叶绿素和类胡萝卜素含量的提高，增强其对光能的捕获能力；能降低叶绿素a/b比值，更有利于形成叶绿素b和捕光色素蛋白复合体，增强对光能的吸收；还能降低荧光非光化

学猝灭系数，减少对不能参与光反应的非辐射能量的耗散，有利于光能的有效利用；其光系统Ⅱ活性和它的原初光能转化效率及潜在光合作用量子转化效率也都明显提高，有助于有效地将光能转化为生物化学能。

但要指出的是CO_2浓度升高对不同类型植物光合速率提高的幅度有所不同。例如C3植物小麦、水稻等，较C4植物玉米、高粱等为高；具无限生长习性的植物棉花、大豆等，较有限生长习性的植物向日葵、烟草等为大；多年生木本植物往往较一年生植物为大；喜光的类型如大叶合欢幼苗，较耐荫的类型如光叶红豆，茸荚红豆幼苗为高。同一属例如稻属内，不同的种和同一种的不同品种其提高的幅度也有所不同。

此外，CO_2是Rubisco的主要底物，CO_2浓度增加在短期内能促进植物的光合作用，如棉花、大豆、马铃薯和水稻等的光合速率，提高幅度较大。长时期则会产生适应性下降，提高幅度减小，有的甚至非但没有提高，反而有所下降。其原因可能与有关酶活性下降、光合产物的反馈抑制、源-库平衡遭到破坏等有关。然而也有些种类如荷木、大叶合欢幼苗等，并不出现这种适应性下降。这可能与有关的酶活性不出现下降有关。

1.2.2 对呼吸作用的影响

CO_2是呼吸作用的最终产物。当外界环境中CO_2浓度升高到1%~10%时，呼吸作用明显被抑制，达到10%时可使植物致死。

CO_2浓度升高对植物呼吸作用的影响，因种类和外界条件的不同而有所差异。例如在美国生物圈2号内、长期生长在较高浓度CO_2下的10种植物中，蝶豆、胡椒等8种C3植物的呼吸速率表现出明显的上升，而2种C4植物、滨藜和大黍的呼吸速率则变化不明显，反略有下降；在CO_2浓度升高条件下，紫花苜蓿、玉米和杜仲等10种植物的成熟叶片，较低的温度(15~20℃)对呼吸速率没有显著影响，较高的温度(30~35℃)下，多数呼吸速率显著增强。CO_2浓度升高使介质pH值下降及温度上升，均能影响呼吸酶的活性。

1.2.3 对蒸腾作用的影响

CO_2浓度升高，导致气孔的张开度缩小，部分关闭，气孔导度降低，蒸腾速率减小，水分利用效率提高。然而不同类型的植物反应亦有差异。例如美国生物圈2号内生长在较高CO_2浓度下的10种植物，其气孔导度与蒸腾速率的降低，水分利用效率提高的变化，是C3植物大于C4植物，荒漠C3植物大于雨林C3植物。

1.2.4对其他代谢的影响

CO_2浓度升高还使植物同化产物在体内的含量和分配发生变化，影响体内的某些代谢状况。如使体内N和可溶性蛋白质含量下降，可溶性糖、某些维生素、K和P等含量较对照组为低，而淀粉、单宁的含量上升；地上部分C/N值增加，地下部分C/N值降低等。

CO_2浓度升高也影响到次生代谢物质的形成和分泌，其影响是多方面的，且具有种间特异性。例如使三齿蒿叶的挥发性萜烯、糖槭叶片的单宁、细叶桉叶的酚类、水稻根系分泌物甲酸和乙酸等的数量增加。

1.2.5 对植物生长发育的影响

CO_2浓度升高对植物个体的生长发育有明显的影响。一些种子发芽时间缩短、发芽率提高；大多数植物迅速生长，植株较对照组为高大；有些植物如小麦、大豆和棉花，生长期缩短。然而，许多植物的生长曲线并不是以直线的形式上升，而是在一段加速生长后就出现缓慢生长或停止生长(Carbutt.1990)，后期反而不如对照组生长的正常。其原因可能与叶

绿体中出现过量的淀粉积累、
影响其正常光合功能及出现合成代谢的不平衡有关。CO_2
浓度升高，许多植物开花提早，花多、脱落少，雌花较多、植物体衰老加快、生活周期缩短，加速了果实的成熟和着色过程；后期营养生长受阻和生活周期发生变化，使正常的生长发育受到损害。

1.2.6 对植物抗逆性的影响

CO_2
浓度升高降低了气孔蒸腾速率，减少了植物耗水量，提高了水分利用效率，因而可以减轻水分胁迫对植物造成的危害，有助于提高其抗旱能力和最高生理耐受温度。

CO_2
浓度升高，植物叶中的类胡萝卜素的含量提高，能更好地保护叶绿素免受光氧化的破坏，提高植物抗光抑制能力；使光合作用能在强光、高温和干旱等不利外界环境因子胁迫下顺利进行。

CO_2
浓度升高还能促进植物次生代谢物质的形成和分泌，使得植物的生化他感作用有所提高，有利于增强植物的防御能力。

1.3对植物根系的影响

作物根系作为三大营养器官之一，在作物生长发育过程中起着极其重要的作用，其生长发育状况及生理特征不仅受遗传控制，环境条件也是重要的影响因子。在大气CO_2
浓度升高条件下，有更多的同化物被输送到根系，植物根系生物量也会相应增加。

植物根系形态在大气CO_2浓度升高条件下会发生改变：(1)根的分枝增多，细根数量增多，导致总根长增加。
(2)大气CO_2
浓度升高改变了根系在土壤中的垂直分布，相对的促进根在上层土壤中的生长，延缓了根在下层土壤中的发育。另外，在CO_2

$_2$浓度升高时的反应。

在CO_2
浓度升高条件下，均导致根系对土壤中养分的吸收能力增加。由于根系对土壤养分的吸收是否增加还取决于土壤的养分含量，因此在大气CO_2浓度升高条件下根系对土壤养分的吸收是否增加与植物所处具体生境有关。

大气CO_2
浓度升高时植物的光合速率增加，植株生长加速，对氮、硫等矿质营养的利用效率提高。其可能原因是：植物体内的非碳水化合物增多引起的稀释效应；根的吸收不能保持与生长同步，植物体内缺乏的营养元素转运到分生组织的循环加速所致。

1.4 对作物产量和品质的影响

CO_2
浓度升高对不同类型，种类之植物产量的影响有所不同
。CO_2
浓度升高可使C3植物产量提高约30%；而C4植物产量提高约14%；有的C4植物如玉米、高粱则仅提高约9%；有的如大米草，不但没有提高，反而有所降低。在C4类作物玉米、甘蔗和高粱等的大田中，C3类杂草的加速生长，可能导致大幅度的减产。营养不足时单独升高CO_2
浓度，植株总重量仅有少量的增加；
水、肥和光照充足时，植株总重量才随CO_2浓度升高而有明显的增加，因此，需要付出很高的代价。

CO_2
浓度升高，植物茎叶、果实和种子中的可溶性N、蛋白质、某些维生素和矿质元素等含量有所下降，淀粉、脂肪则有

所增加，因而产品的营养价值下降。

2 CO_2浓度升高对植物种群的影响

CO_2浓度升高，植物种群中不同个体的适应性不同，以致引起种群的消长变化。CO_2浓度升高短期作用下，繁殖率上升、个体数量上升；但在长期作用下，由于正常生长发育规律遭到破坏，几代之后，繁殖率下降，个体的数量和占有的空间反而减少，种群逐渐衰退，甚至有可能走向绝灭。

3 CO_2浓度升高对植物群落的影响

CO_2浓度升高，植物群落中不同的类型和种的反应有差异，以致引起组成比例和成分的变化。例如，在C3和C4植物混合生长的群落中，C3植物CO_2补偿点较高(54~150mg/L CO_2)，CO_2浓度升高时光合速率提高，生长加快；C4植物CO_2补偿点较低(0~10mg/LCO_2)，CO_2浓度升高对其光合速率和生长的促进较少有时还会出现负增长。因此C3植物往往具有竞争上的优势，从而可能使C4植物逐渐消失和绝种，致使群落的组成比例和成分发生变化。又如，不同CO_2浓度下群落组成的变化研究(Bazzaz，1992)证实，5种不同植物的幼苗组成的群落，分置在较低和较高CO_2浓度条件下，120 d后它们的生长速度和组成比例就发生了明显的变化，其建群种亦各不相同。

4 CO_2浓度升高对植物生态系统的影响

CO_2浓度升高，植物群落组成的变化，影响生态系统的物质循环及其结构与功能。CO_2浓度升高，植物枯枝落叶C/N比值升高，含N量减少，直接影响土壤微生物区系的种类组成和数量，导致营养物质循环的减缓和土壤肥力减退。植物蛋白质等营养成分的下降，则导致草食动物摄食量的增加，生长缓慢、发育不良、群体减小，而以其为食的肉食动物群体也随之受到影响(Bazzaz，1992)。某些昆虫群体的减少，反过来又会影响到虫媒植物的授粉、生殖，引起生态系统的退化和生产力的降低。

CO_2浓度升高对植物的影响是多方面的，有一些是负作用。其温室效应还会使全球气温升高、冰川融化、海平面上升、气候异常、灾害增多、影响自然和农业生态系统，对人类造成威胁，可谓利少弊多。与此相关，联合国先后通过了“气候框架公约”(1992)，“京都协定书”(1997)，提出了相应的对策。实行国际合作改变能源结构，控制矿物燃料使用量，减少CO_2排放量；保护植被，大力植树造林，增加CO_2吸收、固定量，符合全世界人民的共同利益。

5结论

大气CO_2浓度升高对植物体的生长具有促进作用，主要表现在植物形态、植物生理、植物根系、产量品质、植物种群、植物群落和植物生态系统。

对植物生理的影响主要表现在植物光合作用、呼吸作用、蒸腾作用、植物抗逆性等方面。

参考文献

[1]Ward J K， Strain B R. Elevated CO_2studies： past， present and future [J].Tree Physiol， 1999，19： 211-220.

[2]Long S P. Modification of the response of photosynthetic productivity to risingtemperature by atmospheric CO_2concentration： has its importance been

underestimated? [J].Plant Cell Environ， 1991，14： 729-739.

[3]Poorter H， Pot S， LambersH. The effect of an elevated atmospheric CO_2concentration on growth， photosynthesis and respiration ofPlantago major[J].Physiol Plant， 1998，73： 553-559.

[4]Alexander J D， Donnelly J R， Shane J B. Photosynthetic and transpirational responses of red spruce understory trees to light and temperature [J].Tree Physiol， 1995，15： 393-398.

[5]Kellomaki S， Wang K Y. Growth and resource use of birch seedlings under elevated carbon dioxide and temperature [J].Ann Bot， 2001，87：669-682.

[6]张志良．植物生理学实验指导．北京：高等教育出版社， 1990： 59~64.

[7]蒋高明，韩兴国，林光辉.大气CO_2浓度升高对植物的直接影响—国外十余年模拟实验研究之主要手段及基本结论[J].植物生态学报， 1997，21(6)：489-502.

[8]王为民，王晨，李春俭等．大气二氧化碳浓度升高对植物生长的影响．西北植物学报， 2000， 20(4)： 676~683

[9]杨金艳，杨万勤，王开运，等.木本植物对CO_2浓度和温度升高的相互作用的响应[J].植物生态学报，2003，27(3)： 304-310.

[10]中国树木志编委会.中国树木志[M].北京：中国林业出版社， 1982. 2 235-2 337.

[11]祁承经.湖南植被[M].长沙：湖南科学技术出版社， 1990. 168-169.

[12]丁圣彦，宋永昌.浙江天童常绿阔叶林演替系列优势种光合生理生态的比较[J].生态学报， 1999，19(3)： 318-323.

[13]张其德.大气CO_2浓度升高对光合作用的影响(上)、(下).植物杂志，1999(4)：32—34.1999(5)：38—39.

[14]孙伟，王德利，王立，等.狗尾草蒸腾特性与水分利用效率对模拟光辐射增强和CO_2浓度升高的响应[J].植物生态学报，2003，27(4)：448-453.

[15]蒋高明，林光辉， Marino B DV.美国生物圈二号内生长在高CO_2浓度下的10种植物气孔导度、蒸腾速率及水分利用效率的变化[J].植物学报，1997，39(6)： 546-553.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/140480.html