

水分胁迫对玉米光合作用的影响

上官周平 陈培元

提 要

本文研究了快速水分胁迫对玉米光合作用的气孔和非气孔抑制的影响。快速水分胁迫下玉米叶片渗透调节能力丧失。光合强度和气孔阻力间为显著负相关、且相同的水势阈值。轻度水分胁迫下,叶片细胞间隙 CO_2 浓度、气孔导度和光合强度下降,叶圆片放氧能力变化很小,气孔相对限制值增加,光合强度主要受气孔因素的限制。严重水分胁迫下,叶片细胞间隙 CO_2 浓度增加,气孔导度、气孔相对限制值、光合强度和叶圆片放氧能力下降,光合强度主要受非气孔因素的限制。

植物体内的水分状况对各种生理生化代谢过程都有重要的影响(Hsiao, 1973)。随着水分胁迫的加剧、植物体内的水分状况发生变化,叶片水势降低,使植物的同化速率降低(Hsiao, 1973; 荆家海等, 1987)。光合速率的下降既取决于气孔因素、又取决于非气孔因素(Jordan et al 1983; Pearcy 1983)。Farquhar 和 Sharkey (1982)认为除了外加ABA和降低周围空气湿度这两种情况外,气孔导度的减少很难说是光合速率降低的主要原因。许大全等(1987)认为轻度水分胁迫下气孔关闭是光合的限制因素,而严重水分胁迫下气孔因素已不是光合作用的决定因素了,而荆家海等(1987)认为非气孔因素对光合作用的影响早于气孔因素。因此对于水分胁迫下光合作用的气孔与非气孔限制还需进一步研究。

本文以玉米为试验材料,探讨了快速水分胁迫对玉米光合作用的气孔与非气孔因素的影响。

材料与方 法

选取抗旱性较强的玉米杂交种中单二号,用Hoagland营养液培养于人工光照室内,光照强度8000lx,光周期12小时,昼夜温度 $29 \pm 1/23 \pm 1^\circ\text{C}$,当幼苗长到四叶期时,选择一致的植株置于空气中自然干旱。

利用DIK-PC40型水势仪测定叶片的水势(Ψ_{w1}); FQ—W— CO_2 红外线分析仪测定叶片净光合速率(P_n),同时利用LI—1600型稳态气孔计测定通过叶室前、后空气湿度的变化,然后利用Farquhar和Sharkey(1982)的公式来计算细胞间隙 CO_2 浓度(C_i),气孔对水汽的导度(g_s),气孔限制值(L_s);液相氧电极测定叶圆片的光合放氧能力(李德耀等, 1982);将饱和叶片装入具塞试管中,在 -30°C 下冷冻4小时以上后解冻,利用FM—4型冰点渗透压计测定叶片饱和渗透势(Ψ_{s1}^{100})。

实 验 结 果

(一)水分胁迫对叶片水势、渗透势的影响

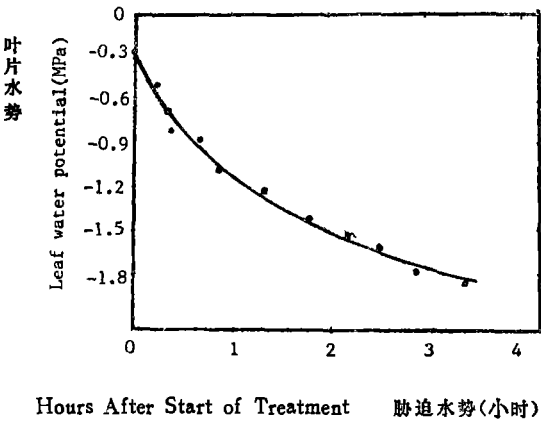


图1 水分胁迫下叶片水势的变化

随着水分胁迫的加剧，玉米叶片的水势、渗透势和相对含水量都下降。叶片水势的下降曲线是先陡降后缓降的趋势(图1)，胁迫第一小时中叶片水势从-0.29 MPa降到-1.13 MPa，下降了0.84 MPa，随后叶片水势在第二个小时中从-1.13 MPa降到-1.51 MPa，下降了0.38 MPa。在胁迫处理三个小时中叶片水势从-0.29 MPa下降到-1.74 MPa，平均每小时下降0.48 MPa。

不同水分胁迫程度的叶片饱和和渗透势值变化很小(表1)，说明玉米叶片在快速水分胁迫下渗透调节能力丧失。这与ones and Rawson(1979)和Downton(1983)的结果一致。

表1 水分胁迫对玉米叶片饱和和渗透势的影响 (单位: MPa)

叶片水势	叶片饱和渗透势	渗透调节能力
-0.26	-0.98	0.00
-1.20	-1.06	0.08
-1.82	-1.04	0.06

右图说明

- ①——光合速率 P_n ($\text{mg CO}_2 \text{ dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$),
②——扩散阻力 R_s ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)

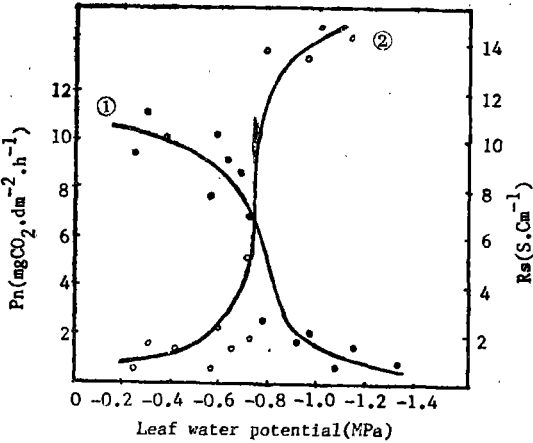


图2 玉米在水分胁迫条件下、叶片水势与光合速率、扩散阻力关系。

(二)水分胁迫对叶片光合速率、扩散阻力的影响

随着水分胁迫加剧，叶片水势逐渐下降，光合速率也下降(图2)，在叶水势大于-0.8 MPa时，光合速率随叶水势下降变化比较小，气孔扩散阻力变化也很小，当叶水势小于-0.8 MPa时，光合速率随叶水势明显降低，此时气孔阻力显著增加，当叶水势小于-1.1 MPa时，光合速率和气孔阻力变化很小，此时，气孔阻力很大，光合速率趋于稳定并接近于零。随着水分胁迫加剧，光合速率与气孔扩散阻力间的变化曲线有良好的对称关系。

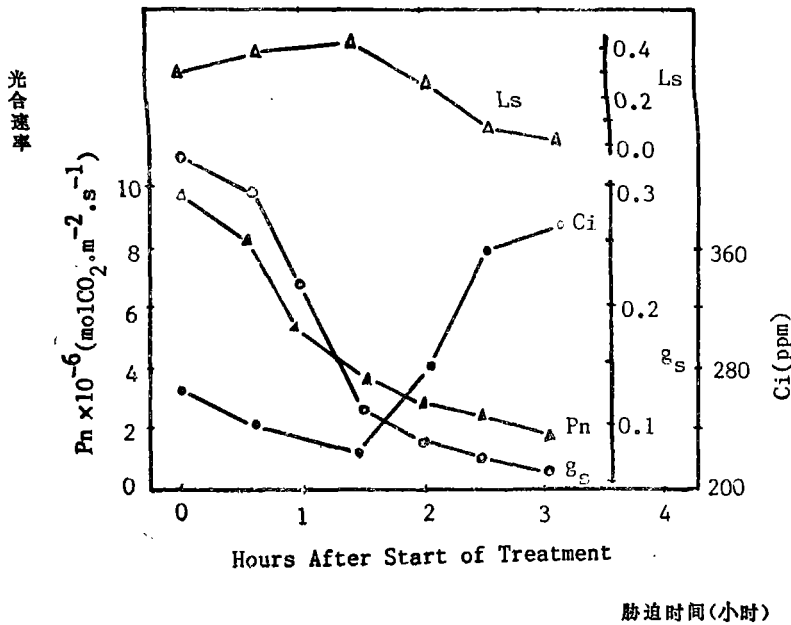


图3 水分胁迫对玉米叶片气体交换特性的影响

(三)水分胁迫对净光合速率、细胞内 CO_2 浓度和气孔导度的影响

玉米在水分胁迫下,由于叶片水分状况的改变,使光合速率迅速下降,整个下降曲线是一个先陡后缓的下降趋势,且气孔导度的下降曲线几乎与光合速率下降曲线平行,二者的相关系数达到0.96。在最初1.5小时内细胞内 CO_2 浓度下降(图3),气孔限制值增大(气孔限制值 $L_s = 1 - C_i/C_a$,测定时 $C_a = 380\text{ppm}$),说明此时光合速率的下降是气孔导度降低的结果,而不是叶肉细胞光合能力的降低;以后随胁迫时间延长,光合速率与气孔导度下降,细胞内 CO_2 浓度上升,而气孔限制值下降,说明此时光合速率的下降不是气孔因素的限制,而是叶肉细胞的光合活性的下降,亦是RUBP羧化酸活性,光合电子传递和光合磷酸化活性及羧化底物RUBP的再生能力等因素的下降有关。

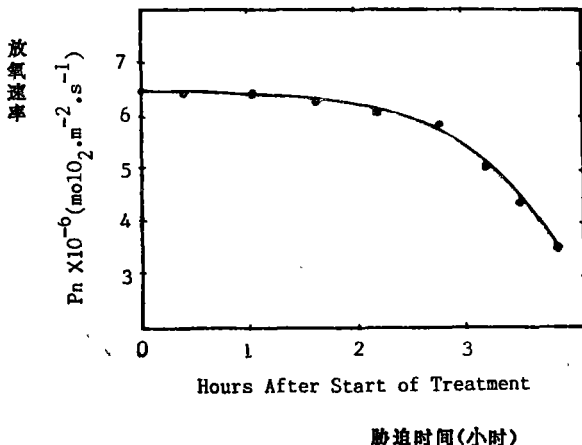


图4 水分胁迫对叶圆片放氧能力的影响

(四)水分胁迫对玉米叶圆片放氧能力的影响

在水分胁迫初期叶圆片放氧能力受抑制很小,只有在严重水分胁迫时才受到明显的抑制(图4)。当胁迫处理二个小时后,此时叶水势为 -1.49MPa ,叶圆片放氧能下降。当叶水势大于 -1.49MPa 时,放氧能力维持在 $6.5\text{mol O}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右的水平。由于液相氧电极测定叶圆片光下放氧能力时排除了气孔

因素和 CO_2 供应不足的影响,所以光合速率在中度水分胁迫下的下降受非气孔因素影响不大,主要是气孔因素限制的结果。从这点可说明玉米叶片在快速水分胁迫下光合速率受气孔因素的影响早于非气孔因素。

讨 论

植物的光合作用是受环境胁迫影响最明显的过程之一(Hsiao, 1973),水分胁迫引起气孔导度降低, CO_2 进入叶片受到限制,使光合下降,这称之为光合作用的气孔限制(Barlow, 1983)。同时也影响到叶肉细胞的光合能力,使电子传递,光合磷酸化受阻,暗反应酶的活性下降,光呼吸及暗呼吸发生变化,这称之为非气孔限制(Farquhar and Sharkey, 1982; Jordan et al, 1983)。我们在玉米受到快速水分胁迫后观察到光合速率与气孔导度间达到显著的正相关,从图2可看到在气孔阻力变化很小时,光合速率逐渐下降,但不能由此简单的得出非气孔因素对光合速率的限制早于气孔因素(荆家海等, 1987)的结论。这就要运用Farquhar和Sharkey(1982)提出的两个判断气孔导度变化是否是光合速率变化的主要原因的指标:叶片细胞间隙 CO_2 浓度(C_i)和气孔限制值(L_s),从图3可看到水分胁迫初期 C_i 下降, L_s 上升,说明胁迫初期光合速率的下降是气孔因素限制着 CO_2 的供应,但随着胁迫加强, C_i 上升, L_s 下降,说明光合的限制已转化为非气孔因素了。这与许大全等人(1987)用毛竹(*Phyllostachys pubescens*)所做实验结论相似。这一结论同时也为本文中液相氧电极的实验结果所证实,在水势大于 -1.49MPa 时,叶组织的放氧能力变化很小,当叶水势小于 -1.49MPa 后,叶组织放氧能力受到抑制,即叶组织细胞的光合能力受到抑制。因此,不能在实验中观察到光合速率与气孔导度正相关,就轻易地得出气孔导度变化是光合速率变化的决定因素,要分析限制光合的主要因素,还需进行深入的研究探讨。

参 考 文 献

- [1] 许大全等, 1987, 毛竹叶光合作用的气孔限制研究,《植物生理学报》, 13(2): 154—160。
- [2] 李德耀等, 1982, 氧电极法测定光合作用技术探讨,《植物生理通讯》, (5): 23—25。
- [3] 荆家海等, 1987, 水分胁迫对棉花叶片生长和光合作用的影响,《西北农业大学学报》, 15(8): 32—38。
- [4] Barlow, E.W.R. 1983, IN: The growth and functioning of leaves. Dale, J.E. & Milthorpe, F.L. (eds), pp. 315—354. Cambridge Univ. press.
- [5] Farquhar, G.D. and Sharkey, T.D. 1982, Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant physiol. 33: 317—345.
- [6] Hsiao, T.C. 1973, Plant response to water stresses, Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 519—570.
- [7] Jones, M.M. and Rawson, H.M. 1979, Influence of rate of development of leaf water deficits upon photosynthesis, leaf conductance, water use efficiency, and osmotic potential in sorghum. Physiol. Plant. 45: 103—111.
- [8] Downton, W.J.S. 1983, Osmotic adjustment during water stress protects the photosynthetic apparatus against photoinhibition. Plant Science Letters. 30(2): 137—143.
- [9] Percy, R.W. 1983, IN: Limitations to efficient water use in crop production. Taylor, H.M. et al (eds). ASA—ESSA—SSSA. pp: 277—286.

Effects of Water Stress on Photosynthesis of Maize Leaves

Shangguan Zhouping Chen Peiyuan

Abstract

The results of a study on the effect of rapid water stress on photosynthesis of maize leaves are as follows. No significant osmotic adjustment occurred when maize were stressed rapidly. Under water stress, there was the strong negative correlation between net photosynthesis (P_n) and stomatal resistance (R_s), and decreased only after the water potential fell below critical level (-0.8MPa). Stomatal conductance to CO_2 (g_s), P_n , and intercellular CO_2 concentration (C_i) decline, O_2 evolution rate of leaf discs remained the maximum level, but stomatal limitation (L_s) increase in the mild water stress. The decrease in R_n caused by mild water stress is stomatal factor. L_s , g_s , P_n , and O_2 evolution decline, but C_i increases in serious water stress. Nonstomatal factors were major P_n determinants of maize leaves under serious water stress.

Changes in Emergence of Wheat Seedling, Seedling Growth and Leaf Photosynthesis Under Different Soil Water Conditions

Liu Mengyu Chen Peiyuan

Abstract

This experiment studies the effects of soil droughts on the emergence of wheat seedling (Xiao Yan-6), seedling growth and leaf photosynthesis, and analyses the cause of weak seedling being formed under soil drought conditions. The results are as follows. Under soil drought conditions, emergence of seedling takes long time and the ratio of root/shoot increases, if the soil water potential is lower than -1.80MPa , few seedlings can emerge. Root grows rapidly and the number of root increases under mild soil drought. Under serious soil drought conditions, the growth of seedling decreases and the root system of seedling are weak, which is caused by decrease in leaf photosynthesis ability and increase in the dark respiration.