

不同水分条件下小麦旗叶叶绿素 a 荧光参数与子粒灌浆速率

张秋英¹, 李发东², 刘孟雨², 王 纲¹

(1. 河北师范大学 生命科学学系, 河北 石家庄 050016; 2 中国科学院石家庄农业现代化研究所, 河北 石家庄 050021)

摘要:利用 OS-30 型叶绿素荧光分析仪研究水分胁迫对小麦旗叶叶绿素 a 荧光动力学参数的影响。结果表明, 水分胁迫下旗叶的 $T_{1/2}$ 值减少, 旗叶光系统 II (PS II) 原初光能转化效率 (F_v/F_m) 和潜在活性 (F_v/F_o) 降低, 光合作用的潜在活力降低, 这些参数下降影响了光合电子的传递和 CO_2 同化的正常进行, 表现在可变荧光淬灭速率减慢, 可变荧光下降比值减小。同时还讨论了水分胁迫对灌浆速率的影响。

关键词: 水分胁迫; 小麦旗叶; 叶绿素 a 荧光参数; 子粒灌浆

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2003)01-0026-23

Chlorophyll a Fluorescence Parameters of Flag Leaf of the Wheat and Seed Grouting under Different Water Treatments

ZHANG Qi-ying¹, LI Fa-dong², LIU Meng-yu², WANG Gang¹

(1. Department of Biology, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

2. Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, the Chinese Academy of Science, Shijiazhuang 050021, China)

Abstract: Effect of water stress on the chlorophyll a fluorescence parameters of flag leaf of the wheat was studied with measuring result by OS-30 chlorophyll fluorometer. The result indicated that the chlorophyll a fluorescence parameters of flag leaf were changed obviously under water stress. The decrease of the time from the point F_o to the point of $1/2 F_v$ ($T_{1/2}$), the ratio of the variable to maximal fluorescence (F_v/F_m), the ratio of the variable to minimal fluorescence (F_v/F_o), variable fluorescence quenching rate ($\Delta F_v/F_o$) and Rfd ($\Delta F_v/F_t$) values under water stress suggested the primary light energy conversion of PS II, the potential activities of PS II, the potential photosynthetic activities and photosynthetic electron transport had been inhibited. Meanwhile effect of grouting rate of water stress was discussed.

Key words: Water stress; Flag leaf of the wheat; Chlorophyll a fluorescence parameters; Seed grouting

水分是植物生长和发育的必要条件之一, 对于小麦而言, 干旱是一个最具威胁力的逆境。在世界范围内, 由于水分所造成的减产, 可能要超过其他因素所导致的产量损失的总合^[1]。小麦是华北地区的主要作物, 灌浆期是决定最终子粒产量的关键期。除作物本身的生物特性外, 灌浆期受多种因子的影响和制约^[2]。有关灌浆期水分问题的研究已有不少报道^[2], 但相同条件下, 叶绿素含量对子粒有很大影响。这些促使我们去探讨水分胁迫对小麦生育后期

旗叶的光合作用的影响。叶绿素荧光动力学是以光合作用理论为基础, 利用体内叶绿素 a 荧光作为天然探针, 研究和探测植物光合生理状况及各种外界因子对其细微影响的新型植物活体测定和诊断技术^[3]。该分析技术具有快速、对环境变化十分灵敏和非破坏性等优点^[5,6]。越来越多的研究表明, 植物体内发出的叶绿素荧光信号包含了丰富的光合作用信息, 且极易随外界环境的变化而变化, 可以快速、灵敏和非破坏性的分析逆境因子对光合作用的

收稿日期: 2002-10-12

基金项目: 河北省科技厅项目(01220703D); 中国科学院知识创新工程项目(KXCX-SW-317-02)

作者简介: 张秋英(1972-), 女, 河北赵县人, 硕士, 主要从事植物生理方面研究工作。

影响。目前,国际上该技术研究已成为热点并取得一定进展^[4-9]。本研究立足于分析灌浆期水分胁迫对小麦旗叶叶绿素荧光 a 诱导动力学的影响,进一步了解水分胁迫对光合影响的作用机制,为华北地区的抗旱节水提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试小麦品种为高优 503。

1.2 试验设计

本试验于 2000–2001 年度在太行山前平原的中国科学院栾城农业生态系统试验站进行。该站位于东经 114°40′、北纬 37°50′;海拔 50.1 m,为暖温带半湿润半干旱气候。在防雨棚中采用瓷盆(25.5 cm × 28.5 cm)盆栽,取大田 0~20 cm 表土,过筛。土壤基础养分含量:有机质 12.9 g/kg、速效氮 59.0 mg/kg、速效磷 31.1 mg/kg、速效钾 76.0 mg/kg,田间持水量为 35%,每盆装干土 14.2 kg,基肥和尿素一次性施入,全生育期不再追肥。水分控制分为:处理 1(田间持水量的 30%~35%)、处理 2(田间持水量的 40%~45%)、处理 3(田间持水量的 50%~55%)、处理 4(田间持水量的 60%~70%)、对照(田间持水量的 80%),每处理重复 8 次。种子经挑选、催芽后,于 2000 年 10 月 14 日植入盆中,保持充足的水分,返青后利用称重法控制水分,每天补充 1 次水分。

1.3 测定项目及方法

选取晴朗无风的天气,用美国 Opt+ Science 公司生产的 OS-30 型叶绿素荧光及测定叶绿素荧光诱导动力学参数,如有初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)、稳定荧光(F_t)、光系统 II(PS II)的原初光能转化效率(F_v/F_m)及 $T_{1/2}$ 等,并计算可变荧光(F_v)、可变荧光衰减(ΔF_v)、PS II 潜在活性(F_v/F_0)、可变荧光下降比值($Rfd = \Delta F_v/F_t$)、可变荧光淬灭速率($\Delta F_v/F_0$)。

灌浆速率于开花后每 5 d 取样 1 次测定。

2 结果与分析

2.1 不同水分处理对 F_v/F_m 和 F_v/F_0 的影响

F_v/F_m 和 F_v/F_0 值常用于度量植物叶片 PS II 原初光能转化效率和 PS II 潜在活性,是表明光化学反应状况的两个重要参数。图 1 和图 2 表明不同水分处理间小麦旗叶 PS II 原初光能转化效率和 PS II 潜在活性存在差异。随着水分胁迫的加剧,旗叶的 F_v/F_m 和 F_v/F_0 值均显著降低,中度胁迫与对照相

比,其值降低幅度小,而重度胁迫其值急剧下降。这表明水分胁迫使 PS II 潜在活性中心受损,抑制了光合作用的原初反应,光合电子传递过程受到影响,而光化学效率的高低直接决定叶片光合作用的高低,因此,由于某种原因造成的低光化学效率会成为光合作用的重要限制因子。 F_v/F_m 值和 F_v/F_0 值的日变化呈早中晚低的双峰型,与净光合速率的日变化曲线相一致, F_v/F_m 值和 F_v/F_0 值最低值出现在 12:00 左右,这表明强光下光合速率的降低除受气孔因素的影响外,还有非气孔因素。

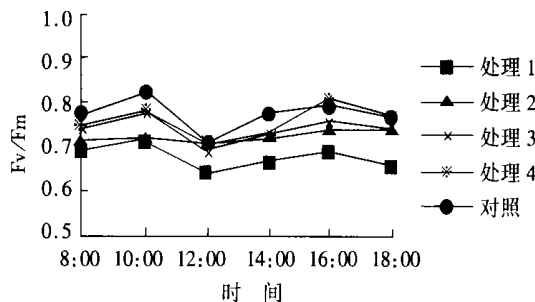


图 1 不同处理的 F_v/F_m 的日变化

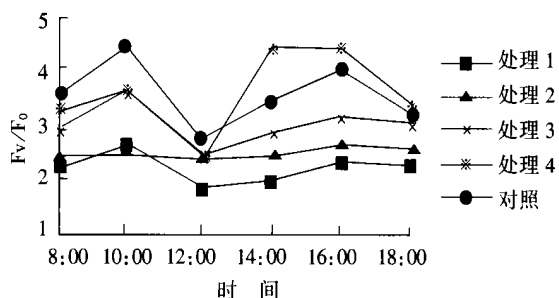
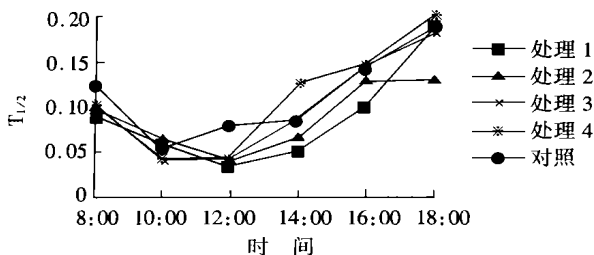


图 2 不同处理的 F_v/F_0 的日变化

2.2 不同水分处理对旗叶荧光参数($T_{1/2}$)的影响

$T_{1/2}$ 是从初始荧光产量到最大荧光产量所需时间的 1/2, $T_{1/2}$ 的大小反映电子传递体-质体醌(PQ)库大小。而 PQ 库大小反映从 PS II 反应中心接受电子的强弱程度, $T_{1/2}$ 值大说明 PQ 库较大,使得 PS II 反应中心更有可能处于开放状态,从光系统 II(PS II)向光系统 I(PS I)转移的激发能减少,因此,旗叶 PS II 的光化学效率增高,使旗叶光合作用加强。图 3 表明,不同水分处理间 $T_{1/2}$ 值存在差异,且随着水分胁迫程度的增强而变化,胁迫程度越大其值降低幅度越大。说明干旱胁迫使旗叶叶绿体 PQ 库变小,从 PS II 反应中心接受电子的能力下降,导致 PS II 光化学效率降低。从图 3 还可看出 $T_{1/2}$ 的日变化呈“U”型,最低值出现在 12:00 左右,说明午间强光照射,旗叶发生了严重的光抑制,导致 $T_{1/2}$ 值变小。

图3 不同处理的 $T_{1/2}$ 的日变化

2.3 不同水分处理对旗叶 $\Delta Fv/Ft$ 、 $\Delta Fv/Fo$ 的影响

从表1可知,水分胁迫条件下小麦旗叶的可变荧光下降比值及旗叶可变荧光淬灭速率明显受到抑制。处理4旗叶的可变荧光下降比值及旗叶可变荧光淬灭速率下降幅度较小;而处理1和处理2下降幅度较大;处理3则介于二者之间。干旱胁迫下旗叶的可变荧光下降比值及旗叶可变荧光淬灭速率的降低,表明干旱造成光合电子传递和膜的能态化逐渐受到缺水的抑制;随失水的加剧,旗叶的 $\Delta Fv/Ft$ 值和 $\Delta Fv/Fo$ 值也随之减少,表明PS II的结构与功能受到不同程度的损伤与破坏。

表1 水分胁迫对小麦旗叶 $\Delta Fv/Ft$ 值和 $\Delta Fv/Fo$ 值的影响

项 目	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	对 照
$\Delta Fv/Ft$	0.105 993	0.109 103	0.126 081	0.168 238	0.169 578
$\Delta Fv/Fo$	0.328 547	0.362 022	0.515 613	0.599 605	0.691 287

2.4 不同水分处理对子粒灌浆速率的影响

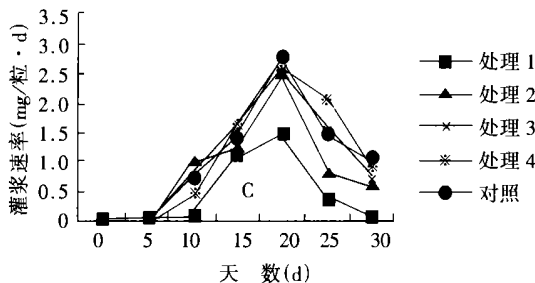


图4 水分胁迫对子粒灌浆速率的影响

由图4可知,4个处理均在开花后20d达到灌浆高峰,但处理1峰值最低,且达峰值后迅速下降,而处理2,3,4和对照达到灌浆高峰前灌浆速率快,处理3,4和对照在开花后20~25d间子粒灌浆速率下降缓慢,开花后25d才迅速下降。这表明,轻度胁迫与水分适宜差异并不显著,且达到灌浆高峰后其灌浆速率下降缓慢;而中度胁迫达到峰值前灌浆速率增加快,其峰值低于水分适宜与轻度胁迫,且达到峰值后下降较快;重度胁迫条件下,整个灌浆期峰值低,而且前期增长缓慢,后期灌浆速率急剧下降,从而造成减产。

3 结论

水分胁迫对植物的光合作用的影响是多方面的,不仅直接引发了光合机构的异常,同时也影响光合电子传递。从分析旗叶荧光参数变化可以看出,水分胁迫下旗叶荧光参数 Fv/Fm 值、 Fv/Fo 值、 $\Delta Fv/Ft$ 值、 $\Delta Fv/Fo$ 值和 $T_{1/2}$ 值均明显降低。试验表明,水分胁迫使小麦旗叶光系统 II (PS II) 的原初光能转化效率、PS II 潜在活性、PS II 潜在光合作用活力受到抑制,光系统 II PQ 库容量变小;水分胁迫使光合电子传递和光合膜的能量化作用受抑,这说明叶绿素荧光对水分胁迫非常敏感,随着胁迫的加剧,叶片的荧光参数也随之减少。

水分胁迫对冬小麦的子粒灌浆速率有一定影响,水分适宜与轻度胁迫之间差异不显著,且达到灌浆高峰后其灌浆速率下降缓慢;中度胁迫达到峰值前增加快,其峰值低于水分适宜与轻度胁迫且峰值后下降较快;重度胁迫条件下,整个灌浆期峰值低,前期增长缓慢,后期灌浆速率急剧下降,造成减产。

参考文献:

- [1] 王可玢,许春辉,赵福洪,等. 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响[J]. 生物物理学报, 1997, 13(2): 273-278.
- [2] 胡 芬,赵聚宝,姜雁北,等. 小麦灌浆期土壤干旱对子粒发育影响的研究[J]. 中国农业气象, 1993, 14(4): 8-11.
- [3] 张守仁. 叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论[J]. 植物学通报, 1999, 16(4): 444-448.
- [4] 卢从明,张其德,匡廷云. 水分胁迫对小麦叶绿素 a 荧光诱导动力学的影响[J]. 生物物理学报, 1993, 9(3): 453-457.
- [5] 赵会杰,邹 琦,于振文. 叶绿素荧光分析技术及其在植物光合机理研究中的应用[J]. 河南农业大学学报, 2000, 34(3): 248-251.
- [6] Krause G H, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis The Basics [J]. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol, 1991, 42: 313-349.
- [7] Papagegiou G. Chlorophyll fluorescence: an intrinsic probe of Photosynthesis [A]. In: Govindjee W. Bioenergetics of Photosynthesis [C]. New York: Academic Press, 1975. 319-371.
- [8] DAU H. Molecular mechanisms and quantitative models of variable photosystem II fluorescence [J]. Photochem Photobiol, 1994, 60: 1-23.
- [9] Bolhar Nordenkamp H R. Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation [J]. Functional Ecol, 1989, 3.