

# 条锈病对冬小麦叶绿素荧光、光合及蒸腾作用的影响

王北洪, 黄木易, 马智宏, 王纪华

(国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089)

**摘要:**接种条锈菌 7 d 以后, 对健康小麦和感病小麦最上部展开叶的一些生理指标进行测定, 结果发现随着条锈菌侵入程度的不断加深, 冬小麦叶片含水量、叶绿素相对含量不断降低, 光系统 II 原初光能转换效率及潜在活性受到抑制, 同一天中同一时段内叶片净光合速率与发病严重度、蒸腾速率与严重度呈显著负相关。

**关键词:**冬小麦; 条锈病; 叶绿素荧光; 光合作用; 蒸腾作用

**中图分类号:** S435.12 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2004)02-0092-03

## Effects of Stripe Rust on Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis of Winter Wheat

WANG Bei-hong, HUANG Mu-yi, MA Zhi-hong, WANG Ji-hua

(National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100089, China)

**Abstract:** Several physiological indicatrixes of healthy and diseased last expanding leaves were measured after inoculation a week later. With the farther infecting of stripe rust, water content of leaves, relative content of chlorophyll, the efficiency of primary light energy conversion and the potential activities of photo system II decrease. The correlation analysis between net photosynthesis rate and severity showed that there was significantly negative correlation between net photosynthesis rate and severity. What's more, the correlation analysis between transpiration rate and severity showed that there was significantly negative correlation between transpiration rate and severity.

**Key words:** Winter wheat; Stripe rust; Severity; Chlorophyll fluorescence; Photosynthesis

条锈病是我国小麦的主要病害。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<sup>[1]</sup>。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<sup>[2]</sup>。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、灵敏和非破坏性地分析逆境因子对光合作用的影响<sup>[3]</sup>。近年来, 荧光遥感技术的发展为大面积快速监测诊断作物病害状况提供了可能。本文探讨了在诱导发病条件下, 条锈病对叶绿素荧光、光

合及蒸腾作用的影响, 以期荧光遥感定量监测提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 种植及接种

试验于 2002~2003 年在北京小汤山精准农业示范基地内进行, 试验地分为南北两个区, 其中南区为条锈病接种区, 北区为对照不接种区。接种小区面积为 20 m×10 m, 隔离区 20 m 宽, 隔离区不种小麦, 对照区面积为 20 m×10 m。混合菌种条 28、条 31、条 32、水 4 由中国农业科学院植物保护研究所提供。小麦供试品种为一般感病型品种 98-100。

收稿日期: 2003-08-25

基金项目: 国家 863 计划课题(2002AA243011)资助

作者简介: 王北洪(1976-), 男, 山西洪洞人, 本科, 研究实习员, 主要从事作物生理方面的研究工作。

## 1.2 严重度调查

4月3日接种后,每隔5d调查一次接种区和对照区的严重度(病叶上夏孢子堆所构成的病斑面积与叶面积的比率)。将严重度划分为9个梯度,即:0,1%,10%,20%,30%,45%,60%,80%和100%。采取5点法调查,每点约1m<sup>2</sup>,每平方米选20株小麦,分别调查其发病情况。

## 1.3 测定项目

本文测定项目中的样品均为小麦最上部展开叶。同一时间取10~15片叶子,迅速称出鲜质量,然后将叶片烘干称质量,按下式计算叶片含水量。

$$\text{叶片含水量}(\%) = \frac{(\text{鲜重} - \text{干重}) \times 100}{\text{鲜重}}$$

利用日本MINOLTA公司生产的SPAD-502型叶绿素仪测量叶片叶绿素的相对含量(SPAD值)。用美国Opti-Science公司生产的OS1-FL型叶绿素荧光仪测定叶片叶绿素荧光诱导动力学参数,包括初始荧光( $F_0$ )和最大荧光( $F_m$ ),得出 $F_v/F_m[(F_m - F_0)/F_m]$ 、 $F_v/F_0[(F_m - F_0)/F_0]$ 值。测量之前先用暗处理夹夹住叶片中部,暗处理10min后进行测量。用美国LI-COR公司生产的LI-6400型光合测定系统测定活体叶片净光合速率及蒸腾速率。所用光源采用仪器自带的内置光源,光照强度设定为1100  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。测定时条锈病接种区和对照不接种区分别测5株,这10株作为全生育期固定测量植株,每次测定时间均保持在9:00~11:00。

## 2 结果与分析

### 2.1 条锈病对冬小麦叶片水分的影响

感病小麦叶片在产孢前仍可维持水分平衡,但在开始产孢后叶片水分状况则迅速恶化,失去了控制水分散失的能力<sup>[4]</sup>。从叶片含水量的生育期变化

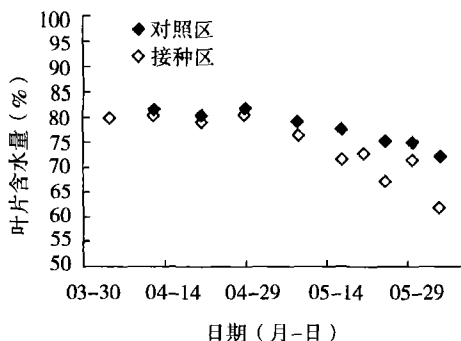


图1 接种条锈菌后冬小麦最上部展开叶叶片含水量的生育期变化

(图1)可以看出:5月9日之前感病叶和健康叶的含

水量基本持平,说明虽然接种叶片已受到条锈菌感染,但气孔还能起到调节作用,维持水分平衡;而自5月9日之后感病叶的含水量则明显低于健康叶,说明此时的病原孢子已经破坏了气孔结构,使其丧失了控制水分散失的能力。

### 2.2 条锈病对冬小麦 SPAD 值的影响

条锈病发病后,病菌吸收植株叶片内养分,叶绿素被破坏。图2表明,自5月9日条锈病发病以后,接种区小麦叶片的叶绿素相对含量明显低于对照不接种区。主要是由于叶片失水导致了叶绿素的生物合成受到影响,而且促进已形成的叶绿素加速分解,造成叶片变黄、早衰<sup>[5]</sup>。

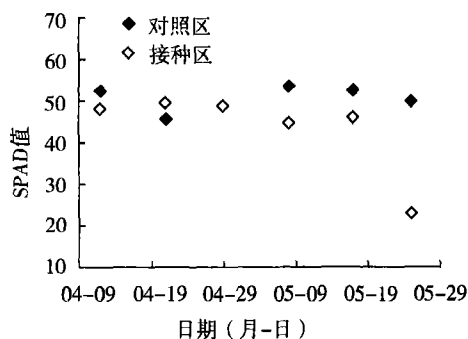


图2 接种条锈菌后冬小麦最上部展开叶叶绿素相对含量的生育期变化

### 2.3 条锈病对冬小麦叶绿素荧光的影响

初始荧光 $F_0$ 主要取决于光系统Ⅱ天线色素内的最初激子密度、天线色素之间以及天线色素到光系统Ⅱ反应中心的激发能传递机构的结构状态,这部分荧光强度与光合作用光反应无关,但它反应光系统天线色素蛋白的物理结构状态。 $F_m$ 与光系统Ⅱ原初电子受体QA的氧化还原状态有关<sup>[6]</sup>。

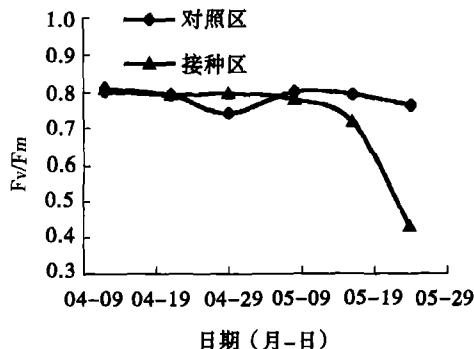


图3 接种条锈菌后冬小麦最上部展开叶叶绿素荧光参数 $F_v/F_m$ 的生育期变化

$F_v/F_m$ 和 $F_v/F_0$ 常用来度量叶片光系统Ⅱ原初光能转换效率及光系统Ⅱ的潜在活性。自5月8,9日以后条锈病接种区小麦叶片的光系统Ⅱ原初

光能转换效率( $F_v/F_m$ )及光系统Ⅱ的潜在活性( $F_v/F_o$ )均显著低于对照不接种区(图3,4)。 $F_v/F_m$ 是反映光系统Ⅱ光化学效率的稳定指标, $F_v/F_m$ 值的降低表明叶片在受到条锈病侵染后,叶片中的光捕获叶绿素蛋白遭到损坏,光系统Ⅱ受到损害。 $F_v/F_o$ 值的降低表明叶片在受到条锈病侵染后,光系统Ⅱ的潜在活性也受到伤害。

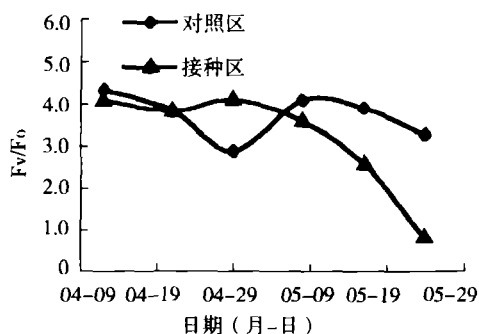


图4 接种条锈菌后冬小麦最上部展开叶  
叶绿素荧光参数  $F_v/F_o$  的生育期变化

#### 2.4 条锈病对冬小麦光合及蒸腾作用的影响

根据5月25日当天同一时段内对不同梯度严重度下(每一梯度严重度测3片叶)小麦叶片的光合测定结果,建立了净光合速率( $P_n$ )与严重度、蒸腾速率( $T_r$ )与严重度的关系模型。经相关分析表明,在本试验的范围内,小麦叶片净光合速率与严重度、蒸腾速率与严重度呈显著线性负相关(图5,6)。

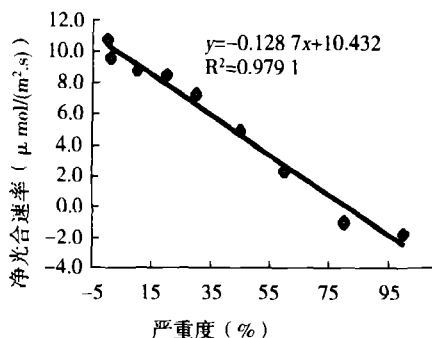


图5 同一时段内不同严重度下冬小麦  
最上部展开叶净光合速率趋势

叶绿素是把光能转化为化学潜能的物质,叶绿素含量的减少(严重度的加深)势必会导致叶片光合能力的下降,直接影响了光合作用的  $\text{CO}_2$  同化过程。

由2.1可知,随着严重度的不断加深,叶片大量失水,气孔逐渐丧失控水能力,大多处于关闭状态,而这就造成了蒸腾速率的不断下降。在严重度达到100%时,蒸腾速率还处在较高的阶段,说明非气孔

调节还在起着相当大的作用。

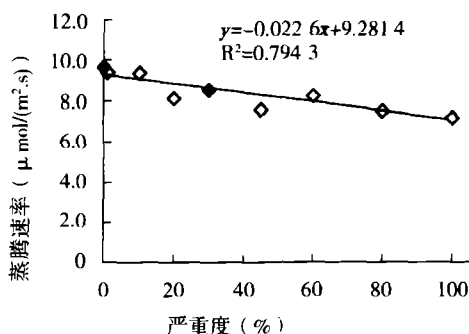


图6 同一时段内不同严重度下冬小麦  
最上部展开叶蒸腾速率趋势

### 3 讨论

条锈菌侵染小麦并开始产孢后,叶片气孔结构遭到破坏,气孔丧失了控制水分散失的能力,从而导致感病叶片含水量的迅速下降,进而影响了叶绿素的生物合成,并使已形成的叶绿素加速分解。

感病小麦叶片中光捕获叶绿素蛋白遭到损坏后,抑制了光系统Ⅱ原初光能转换效率及光系统Ⅱ的潜在活性,在荧光诱导动力学参数上表现为  $F_v/F_m$ 、 $F_v/F_o$  值的降低。

随着条锈菌侵入程度的加深,叶片气孔控水能力逐渐丧失,致使叶片含水量不断下降,叶绿素含量不断降低。反过来,叶片大量失水后又导致了气孔的关闭,因而叶片的光合同化能力及蒸腾作用就相应减弱,表现出叶片净光合速率与严重度、蒸腾速率与严重度呈线性负相关。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] Dau H. Molecular Mechanisms and quantitative models of variable photosystem II fluorescence[J]. Photochem Photobiol, 1994, (60): 1-23.
- [4] 李珣仁, 商鸿生. 条锈菌侵染过程中小麦叶片水分关系的变化[J]. 植物生理学报, 2000, 26(6): 471-475.
- [5] 艾克拜尔, 伊拉洪, 周抑强, 等. 土壤水分对不同品种棉花叶绿素含量及光合速率的影响[J]. 中国棉花, 2000, 27(2): 21-22.
- [6] 魏亦农, 孙广超, 曹连莆. 新小黑麦1号光合速率及叶绿素荧光特性的研究[J]. 麦类作物学报, 2002, 22(4): 91-93.