

半干旱区春小麦受条锈菌侵染后 光合作用和蒸腾作用的变化规律

赵 鸿¹, 王润元¹, 马鹏里¹, 朱建兰²

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要:采用美国 CI-301PS 型便携式光合作用测定仪, 对半干旱区大田春小麦的健康叶片和受条锈菌侵染后病叶的光合作用和蒸腾作用进行活体监测。结果表明: 在干旱环境下, 受条锈菌侵染后小麦叶片的光合作用和蒸腾作用发生了明显变化, 其光合速率比健叶明显降低, 而病叶细胞间隙 CO₂ 浓度、气孔导度、蒸腾速率等有所升高, 且日变化随病叶严重度的不同而明显不同。受干旱和病原物侵染的双重胁迫, 小麦叶片的光合效率显著降低, 水分利用率也随之下降, 不仅与叶绿素含量的明显下降有关, 而且与干旱造成的水分亏缺对小麦体内生理生化代谢造成损伤, 碳同化过程受到抑制等有着密切的关系。

关键词:半干旱区; 小麦; 条锈病; 光合作用; 蒸腾作用; 日变化

中图分类号: S43

文献标识码: A

引 言

小麦条锈病是黄土高原干旱半干旱麦区的常发性和易发性病害^[1], 成株期小麦受条锈菌 (*Puccinia striiformis*) 侵染后, 病菌孢子覆盖在叶片上并沿着叶脉排成虚线状, 孢子变黄使叶片变黄, 引起光合作用和呼吸作用(蒸腾作用)等生理方面的变化, 从而抑制寄主的营养生长, 严重时导致植物局部或系统坏死直至停止生长^[2]。病害发生发展过程中常常会遇到干旱, 二者协同危害, 严重影响小麦的质量和产量, 但关于罹病植株对水分胁迫的反应在半干旱区尚未见报道。鉴于此, 作者于 2004 年 6 月对半干旱地区春小麦受条锈菌侵染后田间罹病寄主光合作用和蒸腾作用的日变化进行了系统的观测, 现将结果报告如下。

1 材料与方 法

被测春小麦品种为陇东 28 号, 病原为小麦条锈菌 (*Puccinia striiformis*)。测定时间在 2004 年 6 月, 小麦开花后期—乳熟期进行。

1.1 测试地点及当地气象条件

本试验选择在甘肃省定西干旱气象与生态环境试验基地进行。当地海拔 1 896 m, 属半干旱区, 是条锈菌能够越夏的地区。2004 年 3、4、5、6 月份小麦生长季内旬平均温度分别为: 38.8、112.6、138.7、168.2 ; 平均相对湿度分别为: 55.5%、43.8%、51.6%、59.4%; 旬平均降水分别为 19.7、13.3、171.7、106.0 mm。这些气象因素均有利于病原菌的萌发, 在当时气象条件下小麦条锈病呈中等程度的发生。

1.2 测定内容与方 法

6 月中下旬, 小麦条锈病在田间始发、流行, 在病原菌大量产孢期间选择晴朗天气, 对不同严重度小麦叶片光合作用和蒸腾作用的日变化进行测定。依照商鸿生等设定的分级标准^[1], 选择严重度为 20% (轻度病叶)、50% (中度病叶) 和 80% (重度病叶) 的病叶和健叶各 3 片, 采用美国 CI-301PS 型便携式光合作用测定仪进行活体监测, 分别测定各病叶的净光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (E)、气孔导度 (C) 和细胞间隙 CO₂ 浓度, 从 7:30 ~ 18:30 每小时测一次, 每个数据各测 3 个重复。

2 结果与分析

2.1 条锈菌侵染对叶片光合作用的影响

2.1.1 叶片光合速率的日变化

健叶和病叶光合速率 (P_n) 的日变化如图 1 所示。健叶和病叶的 P_n 日变化趋势极为相似,但健叶的 P_n 在很大程度上高于病叶,上午尤为明显。健叶的 P_n 随着一天中光强的变化而剧变,即健叶 P_n 在清晨较低,其后随光强增加而迅速升高,至上午 9:30 左右达全天最大值,之后逐渐回落,到 16:30 达到第二次高峰,呈非典型的双峰型曲线,有“午休”现象,表现出叶片对光强变化的敏感性响应。条锈菌侵染后病叶 P_n 的日变化趋势与健叶相似,且随严重度的不同而不同,但变化幅度不如健叶的大。轻度病叶和中度病叶的 P_n 在午前 10:30 左右和下午 16:30 左右有轻微升高,但缺乏对光强变化的敏感性响应,变幅不大,上午光合作用较健叶明显大幅降低。重度病叶 P_n 的日变化趋势与健叶迥然不同,其 P_n 在清晨相对较高,之后逐步降低,全天维持极低的光合水平。

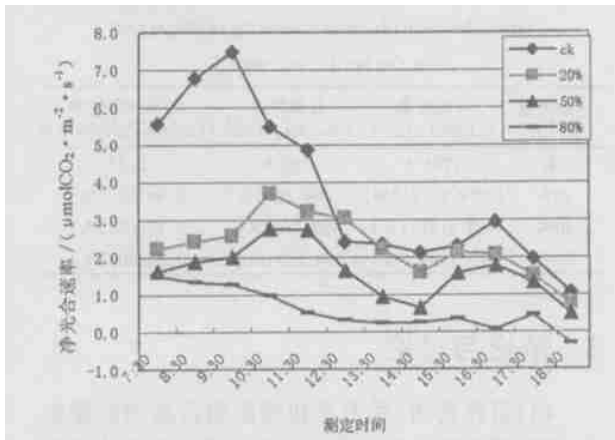


图 1 小麦叶片感染条锈病后光合速率的日变化

Fig. 1 Diurnal changes of photosynthetic rate of wheat leaves with various severity of stripe rust infection in field in the semi - arid region

2.1.2 细胞间隙 CO₂ 浓度的日变化

叶片细胞间隙 CO₂ 浓度的日变化趋势如图 2 所示。健叶 CO₂ 浓度在清晨较高,之后随叶片光合作用的增强而缓慢下降,12:30 后急剧降低,13:30 降至全天最低值,并在 13:30~16:30 维持极低 CO₂ 浓度水平,期间略有回升。轻度病叶 CO₂ 浓度的日变化与健叶极为相似,但在 16:30 时略低于健叶,其它时刻均高于健叶的值,对于中度和重度病叶,由于条锈菌产孢后叶片表皮严重破损,病叶在午

后一直保持较高的 CO₂ 浓度,使叶片同化 CO₂ 的能力降低,导致 P_n 下降。

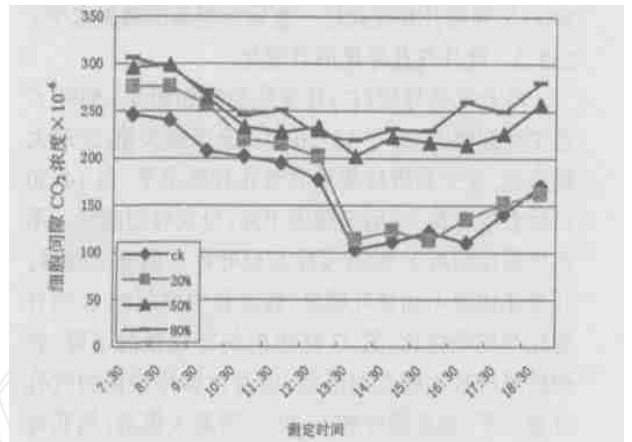


图 2 小麦叶片感染条锈病后细胞间隙 CO₂ 浓度的日变化

Fig. 2 Diurnal changes of intercellular CO₂ concentration of wheat leaves with various severity of stripe rust infection in field in the semi - arid region

2.2 条锈菌侵染对叶片蒸腾作用的影响

2.2.1 叶片蒸腾速率的日变化

小麦叶片蒸腾速率 (E) 的日变化呈双峰型曲线,但不同严重度病叶 E 的日变化存在明显的差异(图 3)。健叶 E 在午前逐步升高,至 10:30 达全天最大值,之后迅速下降,在 14:30 左右降到最低的蒸腾水平,然后稍有回升,于 16:30 达到第二次高峰后逐渐回落。轻度和中度病叶 E 日变化趋势与健叶极为相似,只是在 11:30 左右达到全天最大值,且发病越严重,蒸腾速率越高。重度病叶蒸腾速率的日

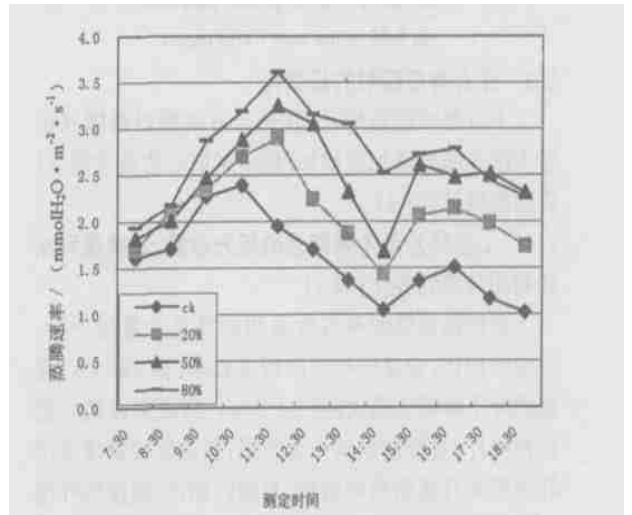


图 3 小麦叶片感染条锈病后蒸腾速率的日变化

Fig. 3 Diurnal changes of transpiration rate of wheat leaves with various severity of stripe rust infection in field in the semi - arid region

变化与健叶完全不同,蒸腾速率在午前就急剧升高,在 11:30 左右达到全天最大值后逐渐缓慢下降,14:30 后又有回升并在此后一直保持很高的蒸腾水平。

2.2.2 叶片气孔导度的日变化

叶片气孔导度(C)日变化趋势如图 4。健叶 C 在午前缓慢升高,在 10:30 时达全天最大值,之后大幅降低,在午后维持很低的气孔开放水平,到 14:30 以后有所升高,然后又缓慢下降,呈双峰型曲线。不同严重度病叶 C 的日变化与健叶存在明显的差异,其变化幅度不如健叶明显,轻度和中度病叶 C 的日变化与健叶相比,其 C 在午前仅有轻微的下,在午后虽有较大幅度的降低,但整体保持较高的气孔开放水平,重度病叶在 8:30 达到最大值后,气孔导度一直呈缓慢下降趋势,但总体水平较高。

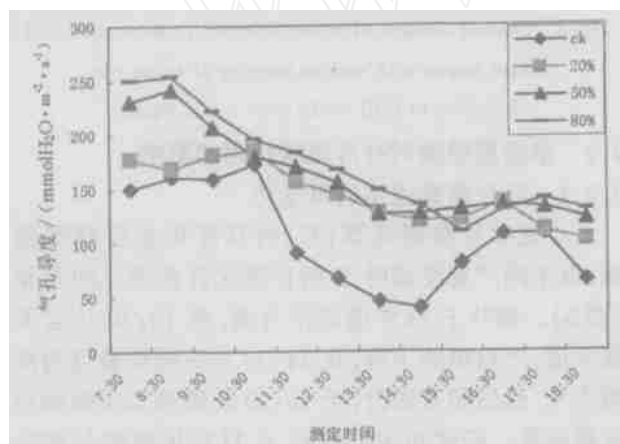


图 4 小麦叶片感染条锈病后气孔导度的日变化

Fig. 4 Diurnal changes of stomatal resistance of wheat leaves with severity of stripe rust infection in field in the semi - arid region

2.3 光合有效辐射的日变化

不管健叶还是病叶,其光合有效辐射都随日出后太阳光照的增加而增加,到中午前后达最大值,以后逐渐降低(图 5)。

2.4 小麦叶片受条锈菌侵染后光合量、蒸腾量和水利用效率的变化(表 1)

条锈菌侵染使单位叶面积的日光合量均下降,与健叶相比,轻度病叶下降幅度较小,为 39.3%,重度病叶下降幅度最大,为 84.5%。病原菌侵染后覆盖在叶片,直接影响其光合作用;条锈菌侵染使单位叶面积的日蒸腾量均增加,与健叶相比,轻度病叶增加幅度较小为 35%,重度病叶增加幅度最大为 71.1%。反映了条锈菌侵染叶片后,叶片表皮破裂,水分大量蒸腾,病叶在高温下不能有效地降低蒸腾作用,来维持自身的水分平衡。

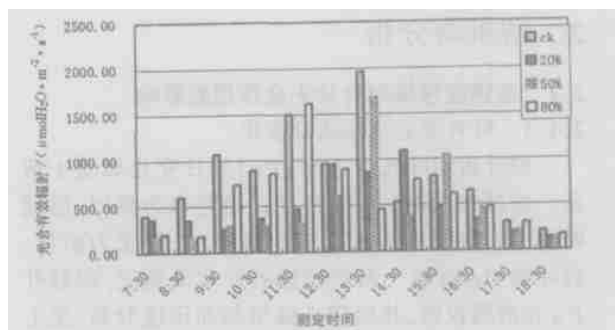


图 5 小麦叶片光合有效辐射的日变化

Fig. 5 Diurnal changes of effective photosynthesis radiation of wheat leaves

条锈菌侵染后小麦叶片的水分利用效率明显降低,与健叶相比,轻度病叶利用水分效率 0.94,下降 60.3%,中度病叶水分利用效率 0.77,下降 67.5%,重度病叶水分利用效率 0.22,下降 90.7%。

表 1 条锈菌侵染后叶片日光合量、日蒸腾量和水利用效率的变化

Tab. 1 Changes in diurnal photosynthetic quantum, diurnal transpiration quantum and water utilization efficiency of wheat leaves with various severity of stripe rust in the semi - arid region

不同严重度叶片	日光合量 ($\mu\text{molCO}_2/\text{m}^2$)	日蒸腾量 ($\text{mmolH}_2\text{O}/\text{m}^2$)	水分利用效率 ($\text{mmolCO}_2/\text{molH}_2\text{O}$)
CK	1795.5	756.8	2.37
20%	1 089.8 (39.3%)	1 164.2 (35%)	0.94 (60.3%)
50%	769.8 (57.1%)	998.7 (32%)	0.77 (67.5%)
80%	279.2 (84.5%)	1 294.5 (71.1%)	0.22 (90.7%)

3 结论与讨论

(1) 研究表明,受干旱和病原物侵染的双重胁迫,不同严重度小麦叶片的光合作用和蒸腾作用发生了明显的变化,表现在光合速率明显降低,病叶细胞间隙 CO_2 浓度升高、气孔导度增大、蒸腾速率明显加大,水分利用效率明显降低。一方面,叶片受病原物侵染后,病菌孢子覆盖在叶片上,表皮破裂,造成水分大量蒸腾,病叶一直保持很高的蒸腾水平,同时叶片相对含水量大幅下降,水分利用率也随之下降,使叶片在白天的大部分时间均处于明显的水分胁迫状态,光合效率显著降低;另一方面,干旱对小麦体内生理生化代谢造成损伤,使碳同化过程受到抑制,进而影响小麦的生长发育及产量。

(2) 在半干旱区小麦种植区进行光合和蒸腾作用监测过程中,选择的是晴天,但其变化呈非标准型

的双峰曲线,这可能与地处半干旱区的定西干旱气象与生态环境试验基地地理条件特殊,在6月份,下午一般天空都会出现或多或少的云等气象因素有关。由于时间和各种条件所限,本研究是在小麦的某个生育阶段进行的,有关整个生育期内罹病寄主光合作用和蒸腾作用的变化规律以及其它生理生化方面的变化有待于进一步完善和补充。

(3)目前,已有一些关于病原菌感染对寄主植物光合作用影响的研究报道,但基本都是在试验室或水分充足的情况下进行的^[3~6],作者等应用光合系统测定仪首次对半干旱区田间小麦条锈病罹病寄主光合作用及其相关参数的日变化进行了系统测定,对不同严重度寄主病叶光合作用和蒸腾作用的差异进行了比较,有助于我们进一步认识水分胁迫下罹病寄主光合特性,为植物水分关系和病理生理学有关领域及其相互关系的研究提供了理论基础。本试验为半干旱区采取一系列措施减轻病虫危害提高作

物产量和质量提供了参考依据,也对低水分环境下的旱地作物有限水资源的利用具有重要意义。

参考文献:

- [1] 商鸿生,姜瑞中,杨之为.小麦条锈病测报调查规范(中华人民共和国国家标准)[M].北京:中国标准出版社,1996.1-3.
- [2] 贾明贵,商鸿生,李振歧.条锈菌感染对小麦光合作用和呼吸作用速率的影响[J].植物病理学报,1992,22(2):125-129.
- [3] 李珣仁,商鸿生.小麦条锈病罹病植株对水分胁迫的响应[J].植物生理学报,2000,26(5):417-421.
- [4] 李珣仁,商鸿生.条锈菌感染对小麦光合作用和蒸腾作用的影响[J].麦类作物学报,2001,21(2):51-56.
- [5] Smith R C G, Heritage A D, Stapper M, et al. Effect of stripe rust (*Puccinia striiformis* WEST.) and irrigation on the yield and foliage temperature of wheat[J]. Field Crop Research, 1986, 14: 39-51.
- [6] Mc Grath M T, Penny packer S P. Alteration of physiological processes in wheat flag leaves caused by stem rust and leaf rust [J]. Phytopathology, 1990, 80(8): 677-686.

Effect of Stripe Rust Infection on Photosynthesis and Transpiration of Wheat in the Semi - arid Region

ZHAO Hong¹, WANG Run - yuan¹, MA Peng - li¹, ZHU Jian - lan²

(1. Institute of Arid Meteorology, CMA, Key Laboratory of Arid Climate Change and Reducing Disaster, Lanzhou 730020, China;

2. Pratacultural Institute, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Photosynthesis and transpiration of diseased wheat leaves in field were measured with CI - 301PS(CID, Inc, USA) Photosynthetic System in the semi - arid region. The results show that obvious changes were happened, that is to say the photosynthesis rate decreased, while intercellular CO₂ concentration, stomatal resistance and the transpiration rate increased in comparison with those of the healthy plants, also there are different diurnal changes in photosynthesis and transpiration of diseased wheat leaves with various severity of stripe rust infection in field in the semi - arid region.

Key words: semi - arid region; wheat; stripe rust; photosynthesis; transpiration; diurnal changes