

喷雾对小麦光合作用与籽粒产量的影响

许大全 李德耀 沈允钢

(中国科学院上海植物生理研究所, 上海)

阎继耀 张原根 郑友三

(山西省农业科学院, 太原)

摘 要

本文报道了在小麦籽粒灌浆期用水喷雾提高叶片光合速率与单位面积产量的结果。光合速率的提高与叶片气孔阻力降低有关。研究进一步证实了华北地区小麦灌浆期光合作用有明显的“午睡”现象, 这种现象与中午前后颇低的空气湿度和较高的空气温度引起的大气饱和差增加有很大关系, 并且表明用少量喷水可以改善田间小气候和作物水分状况, 减轻光合作用“午睡”现象, 提高光合速率, 进而增加作物产量。

关键词 小麦 光合作用 喷雾

许大全等 1984 年报道了华北地区小麦灌浆期光合作用有明显的“午睡”现象, 并指出这种现象与中午前后空气湿度颇低和空气温度较高引起的大气饱和差的增加有很大关系^[1]。由于籽粒中的干物质绝大部分来自开花后的光合作用(殷宏章等 1957^[2]; 沈允钢等 1962^[3]) 小麦籽粒灌浆时的光合活力与籽粒产量密切相关(Lupton 等 1974^[5]; Fischer 和 Kohn 1977^[6])。我们很自然地想到, 能不能采取措施降低饱和差、减轻或消除光合作用的“午睡”现象, 从而增加籽粒产量呢? 本文报道了 1984—1985 连续两年在小麦籽粒灌浆期用水喷雾对叶片光合作用与籽粒产量影响的试验结果。

材 料 与 方 法

一、材料: 山西省农科院小麦试验田, 实验材料 1984 年为冬小麦品系: 5194, 1985 年为品系: 繁一 7, 两年实验材料均分别在上年 9 月 25 日左右播种, 条播(行距约 23 cm) 25—30 万穗/亩, 5 月底开花, 7 月 1 日左右收获。

二、方法:

1. 喷雾: 小麦开花后, 选取一定面积生长均匀的地块, 从中间一分为二, 一块不喷雾为对照, 另一块喷雾为处理。1984 年实验面积为 11.2 m^2 (8×1.4), 对照和处理各为 5.6 m^2 。1985 年实验面积为 15.3 m^2 (5.1×3), 对照和处理各为 7.65 m^2 。

* 承蒙山西省农业科学院王金祥、李生海同志支持, 特此致谢。

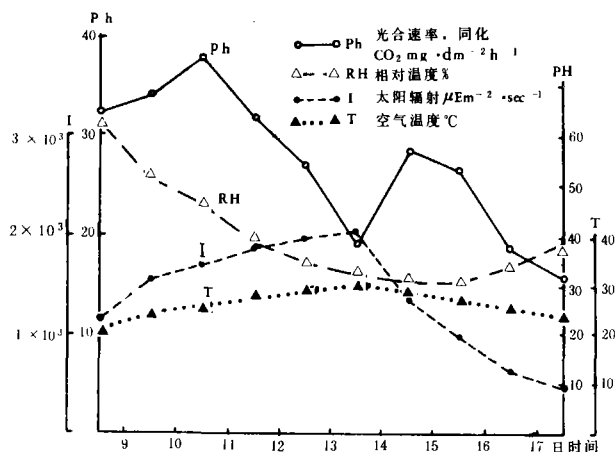


图1 小麦旗叶光合速率的日变化 (1984年6月7日测定, 土壤含水量8.1%)

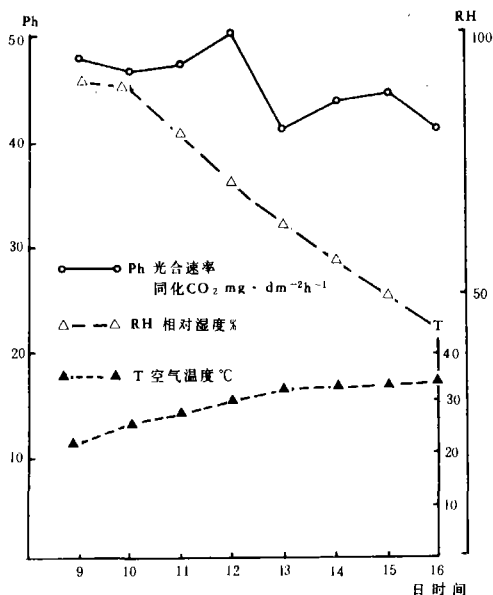


图2 雨后第一天小麦旗叶光合速率的日变化 (1984年6月15日测定, 土壤含水量19.8%)

在处理地块上方距麦穗 15 cm 处悬挂两只喷雾器喷水 (选用上海前进微电机厂制造的 3 WCD—5 手持式电动超低压喷雾器), 相距 2 米。无风时每个喷头可喷湿下面半径约 1 米的圆面。上午因空气湿度较大, 气温较低采用间断喷雾, 喷与停的时间各为 10 分钟, 避免叶面积水。下午连续喷雾, 每小时每个喷头喷水约 3 升。两年喷雾时间均在 6 月中旬, 除天阴下雨停止喷雾外, 每天 9—18 时喷雾, 整个实验期间 1984 年共喷雾 7.5 天, 1985 年为 8 天。

2. 叶片净光合速率测定: 用红外线 CO_2 气体分析仪 (北京分析仪器厂制造), 交替测定对照地块和处理地块的小麦叶各 10 片, 以此比较两者光合速率的差异。测定是在晴天自然光照下进行, 使用密封叶室在田间不离体测定, 气体流量 7.5 升/ cm^2 。

3. 田间空气温度、湿度, 太阳辐射和叶片温度, 气孔阻力及蒸腾速率测定采用 LI—1600 型气孔计。测定处理地块的叶片参数时停止喷雾, 对照与处理地块各测定 10 片旗叶, 然后取平均值。

4. 叶片相对含水量和水势测定: 每次都用 5 片旗叶。水势测定采用小液流法。相对含水量测定是称取叶片的鲜重、干重和用水浸泡和后的鲜重, 然后按下式计算:

$$\frac{\text{鲜重} - \text{干重}}{\text{饱和鲜重} - \text{干重}}$$

5. 土壤含水量测定: 用土壤取样器取小麦田间 20 cm 深处土壤, 先后称湿重和干重, 然后计算含水量。

6. 考种: 对照地块和处理地块各划出 6 个小区, 同时收获考察单株穗数, 穗重, 单株粒数, 粒重, 单穗粒数, 粒重 (每小区各考察 10 株), 考察每小区的产量。1984 年每小区面积 0.49 m^2 (70 × 70 cm), 1985 年每小区面积 0.765 m^2 (150 × 51 cm)。

结 果 与 讨 论

一、小麦旗叶光合作用速率的日变化

测定表明小麦净光合速率的日变化曲线呈双峰型：每日 10 时和 15 时左右分别有一个高峰，中午阶段明显地有一低谷，光合速率的日变化进程表现出明显的“午睡”现象（图 1）。

然而，在一次大雨之后小麦旗叶光合速率变化的日进程“午睡”现象就很不明显，并且整天光合速率都比雨前高的多（图 2）。这表明“午睡”现象的有无和轻重与土壤含水量和空气湿度等环境的水分状况有密切关系。

二、喷雾对田间小气候（主要是空气湿度与温度）的影响

喷雾能提高空气的相对湿度 2—6%，降低空气温度 0.8—2.6℃，改善了田间的小气候（表 1）。

表 1 喷雾对小麦田间空气温度与湿度的影响

| 日 时 间 | | 9:00 | 11:00 | 12:00 | 13:00 | 14:00 |
|---|-----|------|-------|-------|-------|-------|
| 气温 (°C) | 对 照 | 25.2 | 29.4 | 30.5 | 28.2 | 32.5 |
| | 喷 雾 | 24.4 | 28.6 | 29.3 | 25.6 | 31.8 |
| 相对湿度 (%) | 对 照 | 30.8 | 28.4 | 27.6 | 24.4 | 26.8 |
| | 喷 雾 | 36.4 | 32.4 | 30.0 | 30.4 | 28.8 |
| 太阳辐射 $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$ | | 1525 | 1640 | 1905 | 580 | 1840 |

（1984 年 6 月 10 日测定）

三、喷雾对叶片水分、温度状况和光合速率的影响

喷雾降低叶温 0.7—2.1℃（表 2），增加叶片的相对含水量 11—15%（图 3），提高叶片水势 2 巴左右（表 2），明显地降低气孔阻力（表 2），提高了蒸腾速率（表 2），光合速率（表 3）。显然，叶片光合速率的提高与田间和叶片水分状况、温度状况改善后气孔阻力的降低密切相关。这进一步说明小麦光合作用的“午睡”现象与环境条件有关，是一定生态环境下的产物。Schulze 和 Hall（1982）〔7〕在论述 CO₂ 同化和叶片导性单峰式（无午睡），双峰式（有“午睡”）日变化时援引的大量事实也表明，光合作用的中午降低是由于气孔的中午关闭，而气孔的中午关闭则主要是由于大气环境的干燥和炎热（大气饱和差大）。但是，有的学者认为，中午气温高，CO₂ 浓度低是造成光合作用“午睡”现象的重要因素（韩风山等 1984）

表 2 喷雾对叶片水分、温度状况和气体交换的影响

| 日 时 间 | | 9:00 | 11:00 | 1:00 | 12:30 | 13:00 | 14:30 |
|---|-----|------|-------|------|--------|-------|--------|
| 叶片温度 °C | 对 照 | 27.4 | 33.2 | 33.3 | | 29.2 | |
| | 喷 雾 | 26.6 | 31.1 | 32.0 | | 28.5 | |
| 气孔阻力 Sec Gm ⁻¹ | 对 照 | 8.17 | 9.90 | 8.84 | | 7.62 | |
| | 喷 雾 | 7.96 | 4.36 | 4.47 | | 6.70 | |
| 蒸腾速率 $\mu\text{gH}_2\text{O cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ | 对 照 | 2.62 | 2.74 | 3.95 | | 3.00 | |
| | 喷 雾 | 2.38 | 5.7 | 7.12 | | 4.05 | |
| 叶片水势 Bar | 对 照 | | | | -15.45 | | -18.18 |
| | 喷 雾 | | | | -13.71 | | -15.94 |

(叶片水势于 1984 年 6 月 12 日测定, 其余各项均为 6 月 10 日测定)

表 3 喷雾对小麦叶片光合速率的影响

| 测 定 时 间 | 处 理 | 光合速率 $\text{CO}_2 \text{ mg dm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ | 标 准 差 SD | 差异显著性 F | 喷雾/ 对照 (%) |
|---------------|-----|---|-------------|------------|---------------|
| 12:30 — 14:20 | 对照 | 26.9 | 6.90 | 6.56545 * | 13.1 |
| | 喷雾 | 35.3 | 7.80 | | |
| 14:40 — 16:10 | 对照 | 20.6 | 3.93 | 21.6173 | 158.3 |
| | 喷雾 | 32.6 | 7.14 | | |

注: 1984 年 6 月 10 日测定, 光合速率为 10 片叶的平均值 * 表示 $P < 0.05$ ** 表示 $P < 0.01$

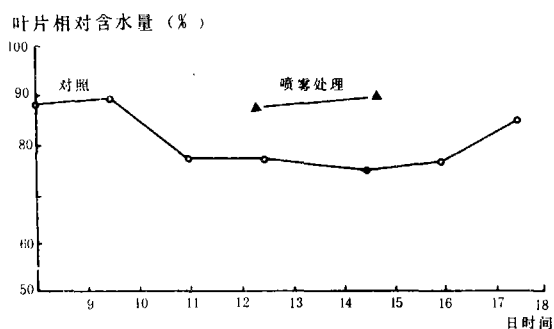


图 3 小麦旗叶相对含水量的日变化

(1984 年 6 月 12 日测定)

四、喷雾对小麦籽粒产量的影响

小区考种结果表明, 喷雾处理明显地提高了单株粒重和单穗粒重及单位面积产量。考虑到前面的测定结果, 显然这是与光合速率的提高有关。从产量构成的情况来看, 喷雾处理引起单位面积产量的提高主要是由于籽粒大小的增加, 饱满程度的提高所致。

表 4 喷雾对小麦单株产量的影响

| 处理 | 单株穗数 | | 单株粒重 (克) | | 单穗粒数 | | 单穗粒重 (克) | |
|---------------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|----------|--------|
| | 1984 年 | 1985 年 | 1984 年 | 1985 年 | 1984 年 | 1985 年 | 1984 年 | 1985 年 |
| 对 照 | 2.25 | 2.92 | 3.09 | 3.68 | 38.5 | 29.1 | 1.37 | 1.27 |
| 喷 雾 | 2.35 | 2.93 | 3.78 | 4.39 | 38.3 | 29.0 | 1.61 | 1.53 |
| 喷雾/ 对照 (%) | 104.4 | 99.6 | 122.4 | 119.3 | 99.5 | 99.6 | 117.5 | 120.8 |

表 5 喷雾对小麦单位面积产量的影响

| 处 理 | | 小区产量 g | 标准差 SD | 差异显著性 F | 喷雾/ 对照 (%) | 折合亩产 (公斤) |
|--------|-----|-----------|-----------|-------------|---------------|--------------|
| 1984 年 | 对 照 | 303.3 | 40.9 | 8.84765 * | 117.6 | 412.7 |
| | 喷 雾 | 356.7 | 16.0 | | | 485.4 |
| 1985 年 | 对 照 | 365.5 | 28.1 | 11.71601 ** | 117.2 | 318.5 |
| | 喷 雾 | 428.2 | 35.0 | | | 373.2 |

注: 小区产量均为六个小区的平均值。*表示 $P < 0.05$ **表示 $P < 0.01$

本实验 1984 年喷雾 7.5 天, 共用水约 360 公斤, 增加籽粒产量 0.685 公斤, 用水效率为 1 公斤籽粒/ 525 公斤水, 1985 年取得相似的结果, 可见效果是相当好的。这表明, 干旱地区在小麦籽粒灌浆期使用少量的水能够减轻光合作用的“午睡”现象进而提高单位面积产量。

特别值得一提的是, 这类因饱和差太大引起光合作用中午显著下降的现象是通过测定才了解到的, 在植株外观上一般看不到明显的叶片萎蔫卷曲症状, 所以在目前的农业生产上常常被忽视, 当然也不会去设法改善。我们在上海也做了初步实验, 在小麦灌浆期经连续三天晴天后于 5 月 10—12 日中午 12—15 时 (空气相对湿度为 60 % 左右) 用同样方法喷雾, 结果两个处理地块的产量均比对照高, 平均增加 5.5 %。看来这个问题在农业生产上可能有相当的普遍性, 也不一定局限于干旱地区。尽管喷雾方法在大面积耕地上应用还有不少困难, 但是随着农业技术的发展人们肯定会探讨出切实可行的措施来。

参 考 文 献

- 1) 许大全, 李德耀、沈允钢, 梁国安: 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究, 《植物生理学报》, 1984 10 (3), 269—276
- 2) 殷宏章, 沈允章, 陈因、余志新、李娉婷: 水稻开花后干物质的积累和运输, 《植物学报》, 1956, (5) 177—194
- 3) 沈允钢、王天铎、黄卓辉, 陈因: 小麦干物质积累过程与产量形成问题讨论, 《小麦丰产研究论文集》上海科学技术出版社, 1962, 173—179
- 4) 韩风山, 赵明, 赵松山: 小麦午睡原因的研究 I. 大田生态因子与午睡的关系, 《作物学报》, 1984 10 (2) 137—143
- 5) Lupton, F. G. H., Ruckebauer, P.: An analysis of the factors determining yield in crosses between semidwarf and taller wheat varieties. *J. Agric. sci.*, 1974 (82), 481—496
- 6) Fischer, R. A., Kohn, G. D.: The relationship of grain yield to vegetative growth and post-flowering leaf area in the wheat crop under conditions of limited soil moisture. *Aust. J. Agric. Res.*, 1977 (17), 281—295
- 7) Schulze, E. D., Hall, A. E.: In O. L. Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond, H. Ziegler (eds.) *Physiological plant Ecology II. Encyclopedia of plant physiology (NS.)* 12 B, 1982, 181—230. Springer-Verlag Berlin Heidelberg

THE EFFECTS OF SPRAYING ON THE PHOTOSYNTHESIS AND THE GRAIN YIELD OF WHEAT

Xu Dapuan Li Deyao Shen Yungang

(Shanghai Institute of Plant Physiology, Academia Sinica, Shanghai)

Yan Jiyao Zhang Yuangen Zheng Yousan

(Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan)

ABSTRACT

The results of increasing the photosynthetic rate of wheat leaves and the yield of unit area sprayed with water during grain-filling period were reported in the paper. The increase in photosynthetic rate is related to the decrease in stomatal resistance of wheat leaves. This experiment further confirmed that the “afternoon nap” phenomenon is obviously shown by the photosynthesis during grain-filling period in north China region. This phenomenon is quite related to the increase in atmospheric saturation deficiency under the lower air humidity and the higher air temperature before and after noon. It indicated that the microclimate in the field and the moisture condition of crops could be improved by spraying little water, lighten the midday depression of photosynthesis, and increase the photosynthetic rate, thus increasing the crop yield.

Key words: Wheat; Photosynthesis; Spray