

两种穗型冬小麦品种旗叶光合特性和水分利用对光强的响应

杨文平^{1,2}, 郭天财¹, 刘胜波¹, 朱云集¹, 王晨阳¹, 王永华¹

(1. 河南农业大学, 国家小麦工程技术研究中心, 河南 郑州 450002; 2. 河南科技学院, 河南 新乡 453003)

摘要:以超高产小麦兰考矮早八和豫麦 49 为材料, 研究了开花期旗叶光合与水分利用对光强的响应。结果表明: 开花期, 随着光强的增加, 旗叶光合速率(P_n)、气孔导度($Cond$)、蒸腾速率(Tr)和水分利用率(WUE)均表现不同程度增大, 超过一定的光强后反而下降; 但胞间 CO_2 浓度(C_i)随光强的增加而降低。与豫麦 49 相比, 兰考矮早八在较高光强下旗叶仍表现出较高的光合特性与水分利用。

关键词: 冬小麦; 光合特性; 水分利用; 光强

中图分类号: S512.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2008)02-0009-03

Light Intensity on Flag Leaf Photosynthetic Characteristics and Water Use of Two Spike-type Cultivars of Winter Wheat

YANG Wen-ping^{1,2}, GUO Tian-cai¹, LIU Sheng-bo¹, ZHU Yun-ji¹, WANG Chen-yang¹, WANG Yong-hua¹

(1. Henan Agricultural University, National Wheat Engineering Technological Research Center, Zhengzhou 450002, China; 2. Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang 453003, China)

Abstract: Flag leaf photosynthetic characteristics and water use were investigated in different light intensity in two spike-type wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties, Lankaoizao 8 and Yumai 49. The results showed that, at anthesis, with increasing light intensity, there were increases in photosynthetic rate, stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency. They would decrease if light intensity was increased to a limited light intensity. But intercellular CO_2 concentration decreased with increasing light intensity. Compared with Yumai 49, flag leaf of Lankaoizao 8 had higher photosynthetic characteristics and water use in higher light intensity.

Key words: Winter wheat; Photosynthetic characteristics; Water use; Light intensity

光合特性是作物光合生产力的基础。较高的光合碳同化能力是作物获得高产的前提, 它的快慢与环境中的光照有着非常密切的关系^[1-3]。已有研究表明, 小麦籽粒中 20%~30% 以上干物质是开花后通过旗叶的光合作用获得的^[4]。小麦旗叶的光合功能十分重要, 且受多种因素影响。其中光强是影响光合作用的重要环境因子之一, 对光的广幅适应是作物对环境适应能力强的重要表现^[5]。另外, 光强是影响光合、蒸腾的主要因子, 进而影响叶片水分利用。如何尽可能地高效利用水分, 一直是人们普遍关注的问题^[6,7]。叶片水平上的水分利用效率, 即

单位水量通过叶片蒸腾散失时所形成的有机物的量, 它取决于光合速率与蒸腾速率的比值, 是水分利用效率的理论值^[8]。本研究测定了大田条件下冬小麦旗叶(开花期)对光强的响应曲线, 确定旗叶水分利用效率(L_{WUE})、气孔导度($Cond$)、蒸腾速率(Tr)、光合速率(P_n)和胞间 CO_2 浓度(C_i)对光强的响应趋势。有关小麦旗叶光合特性及水分利用多集中在不同密度、肥料和生长调节剂的研究上^[9-12]。但不同光强对小麦旗叶光合特性及水分利用的研究较少, 旗叶是否存在光合优势, 对光强的适应如何, 尚不清楚。基于此, 本研究选用黄淮地区 2 个最具超高产

收稿日期: 2007-10-12

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划重大项目(2006BAD02A07); 河南省重大科技攻关项目(0522010100)

作者简介: 杨文平(1971-), 男, 河南淇县人, 在读博士, 主要从事小麦生理生态方面的研究。

通讯作者: 郭天财(1953-), 男, 河南济源人, 教授, 博士生导师, 主要从事小麦高产优质栽培的研究。

潜力的小麦品种多穗型小麦品种豫麦 49 和大穗型小麦品种兰考矮早八, 探讨不同光强对旗叶光合特性及水分利用的影响, 对于其在生产中合理利用具有重要的理论和实践意义。

1 材料和方法

试验于 2006– 2007 年在河南农业大学科教示范园区进行。土壤为壤土, 肥力较高。供试小麦品种为多穗型小麦品种豫麦 49 和大穗型小麦品种兰考矮早八, 基本苗均为 262.5×10^4 株/ hm^2 , 田间管理按超高产麦田要求进行。开花期采用美国产 Li-6400 型便携式光合测定系统测定旗叶的光合速率, 同时测定气孔导度等因子, 测定时间为上午 10:00–12:00^[13]。叶片水分利用 $L_{WUE} = P/T$ ^[14], P 为光合速率, T 为蒸腾速率。叶光响应曲线在设定的 10 个不同光照强度的情况下测定, 即 1, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1 200, 1 600, 2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。选生长一致旗叶做 3 次重复, 以 3 次重复平均值代表实际值。

2 结果与分析

2.1 光强对光合速率(Pn)的影响

由图 1 可知, 不同光强对光合速率有一定影响。当光强低于 50 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 呼吸大于光合, 净光合速率表现为负值; 之后随光强的增强, 光合速率急剧增大; 当光强超过一定值(600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) 时, 光合速率维持在相对稳定的水平。在不同光强下, 两穗型冬小麦品种的光合速率存在一定的差异。对于多穗型品种豫麦 49, 光强达到光饱和点(1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$) 时, P_n 达最大值 19 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$; 超过此点时, P_n 反而降低。而大穗型品种兰考矮早八的光合速率对光强的反应不敏感, 随光强的增加而增大。说明开花期较高的光强对多穗型品种豫麦 49 的光合有一定的抑制作用, 而此期较高的光强对提高大穗型品种兰考矮早八的光合作用有利。

2.2 光强对气孔导度(Cond)的影响

气孔是叶片内外 CO_2 和水汽扩散的主要通道, 影响着叶片的光合与蒸腾。由图 2 可以看出, 不同光强下, 2 品种的气孔导度存在一定的差异。多穗型品种豫麦 49 的气孔导度高于大穗型品种兰考矮早八(光强 2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 除外)。当光强达到 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 豫麦 49 的气孔导度达到最大值 0.313 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 之后随着光强的增加, 气孔导度降低; 而大穗型品种兰考矮早八的气孔导度达最大值时, 对应的光强为 400 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 之后随着光强的增加, 气孔导度维持在相对稳定的水平。

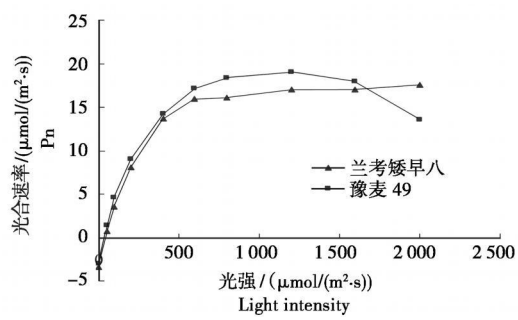


图 1 光合速率(Pn)与光强的关系

Fig. 1 The relation of photosynthetic rate and light intensity

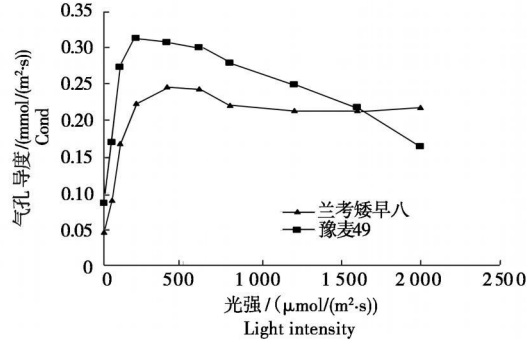


图 2 气孔导度(Cond)与光强的关系

Fig. 2 The relation of stomatal conductance and light intensity

2.3 光强对蒸腾速率(Tr)的影响

蒸腾速率(T_r) 随光强的变化规律与气孔导度的变化类似(图 3)。不同光强下, 多穗型品种豫麦 49 的蒸腾速率(T_r) 高于大穗型品种兰考矮早八(光强 2 000 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 除外)。光强达到 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, 豫麦 49 的蒸腾速率(T_r) 达到最大值 7.21 $\text{mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 之后随着光强的增加, 蒸腾速率(T_r) 降低; 而大穗型品种兰考矮早八的蒸腾速率(T_r) 达最大值时, 对应的光强亦为 600 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 之后随着光强的增加, 蒸腾速率(T_r) 维持在相对稳定的水平。

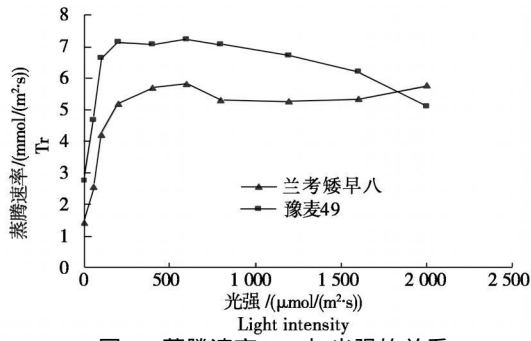
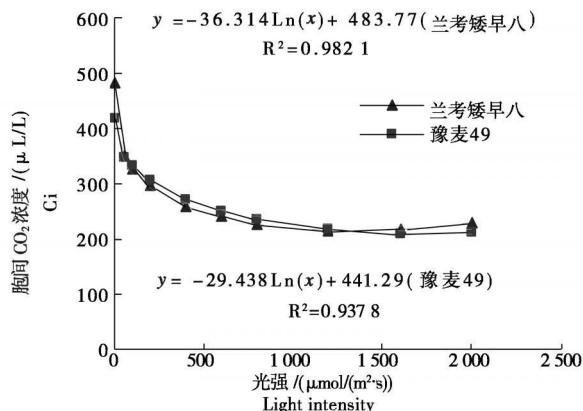


图 3 蒸腾速率(Tr)与光强的关系

Fig. 3 The relation of transpiration rate and light intensity

2.4 光强对胞间CO2浓度(Ci)的影响

图 4 为在大田条件下光强对旗叶 C_i 的影响曲线, 胞间 CO_2 浓度(C_i) 与光强呈对数关系。在本研究所设定的光照强度范围内, C_i 随光照强度的增加而降低, 光强达到 1 200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 时, C_i 值趋于平缓。2 品种的 C_i 对光强的响应基本相同。

图4 胞间 CO_2 浓度 (Ci) 与光强的关系Fig. 4 The relation of intercellular CO_2 concentration

and light intensity

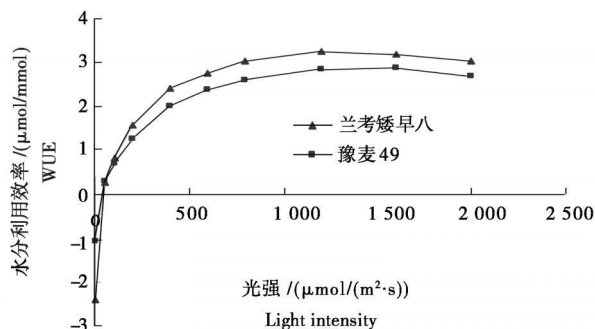
图5 水分利用效率 (LWUE) 与光强的关系

Fig. 5 The relation of water use efficiency and light intensity

2.5 光强对旗叶水分利用效率 (LWUE) 的影响

由图5可知,在一定范围内,水分利用效率随光强的增强而增大,但当光强增至一定值时 ($1\ 200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$),水分利用效率相对稳定。光强是影响光合、蒸腾的主要因子,光强增强,光合速率也增强,但光强超过“光饱和点”时,光合速率维持在一个相对稳定的水平(甚至降低)。水分利用效率同光合相似,也存在一个“光饱和点”,低于此点时,水分利用效率随光强的增加而增大;超过此点时,水分利用效率维持在相对稳定的水平。在不同光强下,2穗型冬小麦品种的水分利用效率存在一定的差异,大穗型品种兰考矮早八的水分利用效率高于多穗型品种豫麦49,这可能与大穗型品种兰考矮早八旗叶的蒸腾速率较低有关。

3 讨论

光强是影响小麦旗叶光合能力主导生态因子^[16],对光的广幅适应是小麦对环境适应能力强的重要表现。从本研究看,2穗型品种对光强的适应范围有一定差别。和豫麦49相比,兰考矮早八对光强的适应能力似乎较广,在较高光强下光合速率基本不受影响。饱和光强是光合速率不再随光强的升高而增高即光合作用达到饱和时的光强,可以根

据光响应曲线的走势进行估计^[17]。豫麦49叶片光合作用饱和光强约为 $1\ 200\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$,远远低于晴天中午前后的太阳辐射强度,表明这段时间内田间小麦叶片所接受的光能大大超过了碳同化的需求,出现了光能过剩。而兰考矮早八在高光强下仍能维持较高的光合。光饱和点说明了作物能够充分利用光能的程度,即作物需光的上限^[15],光饱和点越高说明其可利用的光照强度越大,光饱和点的研究对于提高光合作用有着非常重要的意义。然而,这样计算得到的饱和光强是否符合实际,值得进一步探讨。

参考文献:

- [1] 牛立元,王启亮,王瑞芳.黄淮平原冬小麦旗叶光合特性研究[J].河南农业科学,2004(4):3-5.
- [2] 董树亭,余松烈,元新华.高产冬小麦群体呼吸速率变化与光合作用关系的研究[J].华北农学报,1989,4(4):6-10.
- [3] 陈晓远,高志红,罗远培,等.水分胁迫效应对冬小麦生长发育的影响研究[J].华北农学报,2004,19(3):43-46.
- [4] 彭永欣,罗爱国,郭文善.小麦栽培与生理[M].南京:东南大学出版社,1992.
- [5] 张成军,陈国祥,施大伟,等.两种高产小麦旗叶光合功能衰退特性的比较[J].植物研究,2005,25(2):163-168.
- [6] 李俊,于沪宁.冬小麦水分利用效率及其环境影响因素分析[J].地理学报,1997,52(6):551-560.
- [7] 梁银丽,康绍忠.节水灌溉对冬小麦光合速率和产量的影响[J].西北农业大学学报,1998,16(4):16-19.
- [8] 高延军,张喜英,陈素英,等.冬小麦叶片水分利用生理机制的研究[J].华北农学报,2004,19(4):42-46.
- [9] 由海霞.不同密度小麦群体的光合作用特性研究[J].中国农学通报,2005,21(4):162-165.
- [10] 赵会杰,邹琦,郭天财,等.密度和追肥时期对重穗型冬小麦品种L906群体辐射和光合特性的调控效应[J].作物学报,2002,28(2):270-277.
- [11] 王之杰,郭天财,王化岑,等.种植密度对超高产小麦生育后期光合特性及产量的影响[J].麦类作物学报,2001,21(3):64-67.
- [12] 杨文平,刘全军,张保军.天达-2116对冬小麦花后旗叶光合与衰老特性的调节效应[J].河南农业大学学报,2006,40(5):464-467.
- [13] 许大全.光合作用测定及研究中一些值得注意的问题[J].植物生理学通讯,2006,42(6):1163-1167.
- [14] Fischer R A, Turner N C. Plant productivity in the arid and semiarid zones[J]. Ann Rev Plant Physiol, 1978, 29: 227-317.
- [15] 陆佩玲,罗毅,刘建栋,等.华北地区冬小麦光合作用的光响应曲线的特征参数[J].应用气象学报,2000,11(2):236-241.
- [16] 张伟,刘建国,王登伟.新疆高光强条件下小麦群体光合能力的研究[J].石河子大学学报(自然科学版),2006,24(6):667-670.
- [17] 陈根云,俞冠路,陈悦,等.光合作用对光和二氧化碳响应的观测方法探讨[J].植物生理与分子生物学学报,2006,32(6):691-696.