

杂种小麦及其亲本光合作用 对生态因子的响应*

肖 凯

(河北农业大学农学系, 保定 071001)

张荣铄

(南京农业大学农学系, 南京)

摘 要 研究表明, 杂种小麦麦优 4 号在不同生态因子下的光合速率均高于亲本。麦优 4 号及母本 ND 35 的光饱和点约 $1200 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 父本扬麦 158 的光饱和点约 $1000 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 饱和光强下麦优 4 号的光合速率分别较 ND 35 和扬麦 158 提高 8.12% 和 20.18%。麦优 4 号及其亲本光合作用最适温度均为 25°C 左右, 但前者耐高温能力较强。在 $50 \sim 400 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1} \text{CO}_2$ 浓度下, 供试品种光合速率均随 CO_2 浓度提高而直线上升, 高浓度 CO_2 ($400 \sim 650 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$) 下麦优 4 号光合速率的增加快于亲本。水分胁迫条件下麦优 4 号较亲本维持了较高的光合速率, 且在高渗溶液中下降缓慢。此外, 麦优 4 号能适应更高的氮素水平。麦优 4 号的光合作用表现倾向于母本。

关键词 杂种小麦 亲本 光合作用 响应

研究表明, 小麦杂种优势具有很大的潜在应用价值, 杂种小麦将成为今后进一步提高小麦产量的突破口之一^[1, 2]。许多学者对小麦杂种优势的遗传育种理论进行了大量研究^[3, 4], 有关与小麦杂种优势表现密切相关的生理及生化代谢研究也有初步报道^[2, 5]。但迄今有关杂种小麦与亲本光合机构对环境条件的响应还鲜见报道。本研究采用杂种优势明显、已在生产上进行小面积栽培的化杀型杂种小麦麦优 4 号及其亲本为材料, 旨在探讨杂种小麦及其亲本光合作用对光、温、 CO_2 、水分及氮素等因子的响应, 为杂种小麦今后的高产实践提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

试验于南京农业大学进行, 盆钵常规栽培, 供试杂种小麦为麦优 4 号, 其亲本分别为母本 ND 35 和父本扬麦 158。

1.2 试验设计

为分析品种对氮素的响应, 盆钵按施氮量 0 75 150 225 300 kg/hm^2 设置 5 种梯度, 3 次重复, 氮素施用方法为底追比 5:5, 追肥于拔节期进行。生育期间管理条件及生育状况良好, 盆钵之间除不同处理施氮量外, 其它措施一致。其中供试品种对光、温、水、 CO_2 的响应均采用施 N 量为 $225 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 的处理。

1.3 测定项目

供试品种中选代表性植株和旗叶, 于旗叶全展时测定下述项目。

光合速率: 采用日产红外 CO₂ 分析仪 (HORIBA ASSA 1610) 测定。开放气路系统, 叶室 CO₂ 浓度为 340~380 μL·L⁻¹, 光通量密度 (PFD) 1200±50 μE·m⁻²·s⁻¹, 温度 23~25℃, 气体流量 1.0 L·min⁻¹。

量子需要量: 用纱布遮光, 测定 0~1600 μE·m⁻²·s⁻¹ 光通量密度下的光合速率, 按低光强下的光合速率对光强直线回归的方法计算。

光饱和点和光补偿点: 用纱布遮光, 测定 0~1600 μE·m⁻²·s⁻¹ PFD 下的光合速率, 光合速率达到最大的 PFD 为光饱和点, 降至 0 时的光合速率为光补偿点。

叶园片光合速率: 采用薄膜氧电极仪和自动记录仪测定, 温度 25℃, 光通量密度 1200 μE·m⁻²·s⁻¹。反应介质为 0.1 mol 磷酸缓冲液 (pH 7.0), 内含 0.2 mol 山梨醇, 40 mmol NaHCO₃ 用于供试品种对温度、水分胁迫响应的测定。

渗透胁迫处理: 用甘露醇造成渗透势不同的系列高渗溶液, 测定时将旗叶浸入不同渗透势的甘露醇溶液中, 处理 30 min 然后测定其叶园片放氧速率。

2 结果与分析

2.1 不同品种光合作用对光通量密度的响应

随着光强的增加, 麦优 4 号的光合速率增加最快, 其次为母本 ND35, 两品种的光饱和点均为 1200 μE·m⁻²·s⁻¹ 左右。父本扬麦 158 随光强增加光合速率上升较为缓慢, 约在 1000 μE·m⁻²·s⁻¹ 左右 (图 1)。在饱和光强下, 麦优 4 号、ND35 和扬麦 158 达到的最大光合速率分别

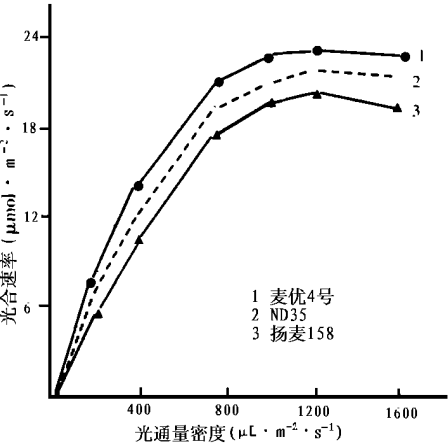


图 1 不同品种对光强的响应曲线

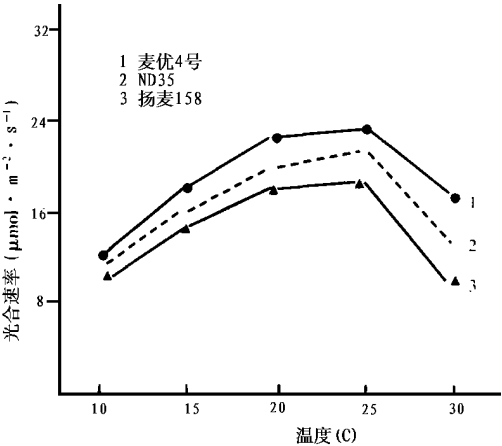


图 2 不同品种光合作用对温度的响应曲线

为 23.2、21.3 和 19.8 μmolCO₂·m⁻²·s⁻¹, 麦优 4 号的光合速率分别较 ND35 和扬麦 158 增加 8.2% 和 20.18%。麦优 4 号的光补偿点与 ND35 一致, 均为 35 左右, 扬麦 158 略高, 为 38 左右。不同品种量子需要量以麦优 4 号较低, 其次 ND35, 扬麦 158 较高 (表 1)。

2.2 不同品种光合作用对温度的响应

由图 2 可见, 供试品种光合作用对温度的响应呈单峰曲线, 最适温度均为 25℃ 左右, 以随

温度进一步升高而下降。但麦优 4号在最适温度后随温度升高光合速率下降幅度低于亲本,说明杂种小麦光合机构耐高温能力较强。

2.3 不同品种光合作用对 CO₂ 浓度的响应

在 CO₂ 浓度 50~ 400 μL · L⁻¹ 范围内,供试品种均表现随 CO₂ 浓度的升高光合速率直线上升,在高浓度 CO₂ (400~ 650 μL · L⁻¹)下,随 CO₂ 浓度的升高,光合速率的增加速率变得缓慢,但麦优 4号的上升快于亲本。不同品种相比,在供试 CO₂ 浓度范围内,光合速率均表现为麦优 4号高于 ND35 扬麦 158最低(图 3)。杂种小麦在低、高 CO₂ 浓度下光合速率均高于亲本,说明前者光合机构的传导能力和同化 CO₂ 的能力较强。

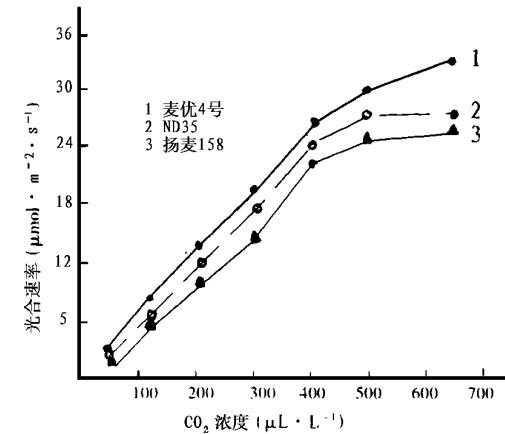


图 3 不同品种光合作用对 CO₂ 的响应曲线

2.4 不同品种光合作用对水分胁迫的响应

由图 4可见,随水分胁迫加强,供试品种的光合速率均逐渐下降,在各渗透势水平下的光合速率均以麦优 4号表现最高,母本 ND35次之,父本扬麦 158最低。在高渗条件下(-10~ -20 bar)麦优 4号随渗透胁迫加强光合速率下降速度慢于亲本。这表明,杂种小麦可能较亲本具有较强的忍耐干旱胁迫的能力。

2.5 不同品种光合作用对氮素的响应

结果表明,在不同氮素水平下,麦优 4号的光合速率均高于 ND35和扬麦 158。三品种随氮素用量的增加,光合速率均表现逐渐增加趋势。其中在 0~ 225 kg /hm² 范围内,供试品种光合速率大体表现直线增加,超过 225 kg /hm² 后,品种间表现有所不同,麦优 4号光合速率仍不断增加,ND35和扬麦 158则不再增加或略有下降(图 5)。说明杂种小麦耐氮能力较强,较多的氮素供应更有利于其光合优势的发挥。

表 1 不同品种光-光合反应特性

项 目	麦优 4号	ND 35	扬麦 158
最大光合速率(μmol F ₂ m ⁻² s ⁻¹)	23.12± 1.52	21.43± 1.03	19.28± 1.80
光饱和点(μE · m ⁻² · s ⁻¹)	1200± 120	1200± 85	1000± 107
光补偿点(μE · m ⁻² · s ⁻¹)	35± 2.7	36± 4.5	38± 6.2
量子需要量(mol/mol)	24.4± 2.2	27.8± 3.1	29.3± 4.2

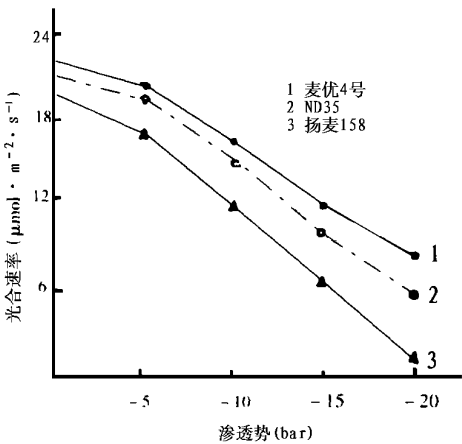


图 4 不同品种光合作用对水分胁迫的响应曲线

3 讨论

一些研究表明, 杂种小麦较亲本在光合作用上表现出明显优势^[2 6]。本研究也取得类似结果, 表现为杂种小麦麦优 4 号在不同生态因子条件下其光合速率始终高于亲本。光合作用是植物进行物质生产的基本过程, 较强的光合作用是农作物获得较高子粒产量的生理基础。杂种小麦较亲本具有明显的光合速率优势对于其光合碳同化产物的增加及其子粒产量优势的提高无疑具有重要意义。

刘永祥指出, 杂种小麦在产量和主要品质性状上存在着显著的基因型 \times 环境互作, 杂种小麦比纯系品种更能适应变化的环境条件, 表现出更好的稳定性^[6], 这可能与本研究中揭示的杂种小麦较亲本具有较强的耐干旱胁迫和耐

高温能力有关。小麦生育中后期冠层庞大, 光合作用旺盛, CO_2 供应不足是影响光合作用的重要因子之一^[7]。而杂种小麦在低 CO_2 浓度下较亲本维持更高的光合作用, 这对于其生育中后期碳同化物质的积累具有积极意义。本研究中, 杂种小麦在不同氮素水平下的光合速率均高于亲本, 在高氮水平 ($225 \text{ kg}/\text{hm}^2$) 时光合速率仍不断增加, 与亲本在供氮超过 $225 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 后光合速率即不再增加或略有下降不同, 表明杂种小麦的耐氮能力较强, 生产上为发挥杂种小麦的光合优势, 应供应充足的氮素。我们也在田间杂种小麦及亲本氮素试验中发现, 杂种小麦获得最高产量的施氮量高于亲本 (待发表)。崔党群发现, 杂种小麦具有明显且有规律的密度效应, 杂种优势随密度增加而下降^[8], 这与研究发现的在高氮、高光强下杂种小麦光合优势更为明显的结果相吻合。杂种小麦具有较强的忍耐逆境胁迫的能力, 在不同生态条件下均表现出光合优势可能与其光合机构的改良有关, Haskas 曾指出, 杂种小麦较亲本的叶绿体具有更高的叶绿素含量, 更发达的精细结构, 类囊体片层数目明显增加^[9]。有关杂种小麦与亲本光合机构以及光合碳代谢的生理生化机制的差异, 仍需进一步研究。

本研究中, 杂种小麦在不同生态因子条件下的光合作用响应倾向于母本, 其他学者在产量和品质的研究中也曾取得类似结果^[10 11]。因此, 今后在杂种小麦亲本选配工作中应以光合作用表现优良的材料作母本, 这样可能更有利于培育出优势明显的杂种小麦品种。杂种小麦较亲本在高胁迫、高温及低氮条件下光合速率具有较大优势, 说明在干旱、瘠薄、生态条件较差的中低产区可能有利于杂种优势的发挥, 杂种小麦有望在上述条件下率先应用和推广。

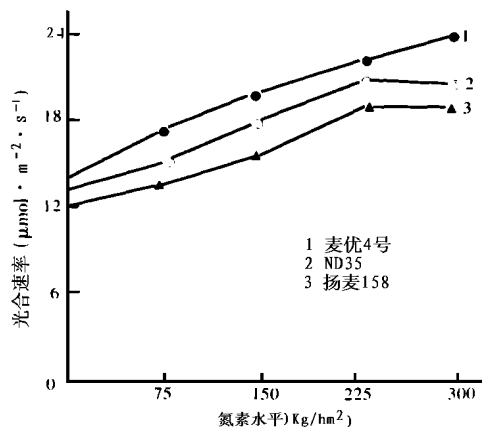


图 5 不同品种光合作用对氮素的响应曲线

参 考 文 献

- 1 黄铁城. 杂种小麦研究——进展、问题和展望. 北京: 北京农业大学出版社, 1990
- 2 王树安, 王纪华, 梁振兴. 杂种小麦源库基本特性的研究. 作物学报, 1994 20(4): 426-431
- 3 张改生, 扬天章. 偏型、粘型和易型小麦雄性不育系的初步研究. 作物学报, 1989 15(1): 1-8
- 4 孙兰珍, 高庆荣, 孙延传 等. 小麦光合速率和光呼吸与产量性状的分析. 北京农业大学学报, 1985 (4):

75~ 79

- 5 刘柞昌, 赖世登, 余彦波 等. 冬小麦产量性状的杂种优势分析. 中国农业科学, 1980 (3): 11~ 15
- 6 刘录祥, 黄铁城, 张树榛 等. 杂种小麦产量和蛋白质含量的优势表现与优势环境分析. 北京农业大学学报, 1993 19(4): 107~ 108
- 7 韩凤山, 赵明. 作物学报, 小麦“午睡”原因的研究II、生理因子与“午睡”的关系. 1987 13(4): 329~ 336
- 8 崔党群. 群体密度对 T 型杂种小麦主要性状及其杂种优势影响的研究. 北京农业大学学报, 1985 (4): 155~ 168
- 9 Haskins S. Physiological bases of heterosis in wheat. Polihospolarstvo 1978 224 22~ 27
- 10 赵寅槐. 高产、半矮秆杂种小麦研究进展. 江苏农业学报, 1986 2(2): 1~ 5
- 11 聂毓琦, 赵寅槐, 邹明烈 等. 双层穗杂种小麦群体中两种基因型植株光合特性的差异. 江苏农业学报, 1990 6(4): 1~ 8

Responses of Photosynthesis to Ecological Factors in Hybrid Wheat and Their Parents

Xiao Kai

(Agronomy Department, Hebei Agricultural
University, Baoding 071001)

Zhang Rongxian

(Agronomy Department, Nanjing
Agricultural University, Nanjing)

Abstract The results indicated that the photosynthetic rate of hybrid wheat cv. M aiyou 4 was higher than its parents at different ecological factors. The saturated light intensity was about $1200\mu\text{E}^\circ\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ for M aiyou 4 and ND 35, and about $1000\mu\text{E}^\circ\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ for Yangmai 158. The photosynthetic rate of M aiyou 4 was 8.12% and 20.18% higher respectively than that of ND 35 and Yangmai 158 under saturated light intensity. The optimum temperature of photosynthesis in hybrid wheat and its parents were all about 25°C . But the former was more tolerant to high temperature. Under CO_2 concentration of $50\text{--}400\mu\text{L}^\circ\text{L}^{-1}$, the photosynthetic rate of tested varieties all were linear increase with the increase of CO_2 concentration, and the increase speed of M aiyou 4 in high CO_2 concentration ($400\text{--}600\mu\text{L}^\circ\text{L}^{-1}$) was faster than those of its parents. Under water stress conditions, compared with its parents, M aiyou 4 could sustain higher photosynthetic rate and its photosynthetic rate decreased slower in high osmotic potentials ($-10\text{--}20\text{bar}$). In addition, M aiyou 4 could suit higher nitrogen levels than its parents. The study found that the responses of photosynthesis in M aiyou 4 more tended to female parent. The hybrid wheat having better ecological adaptability in photosynthesis than its parents probably related to its improved photosynthetic mechanism.

Key words Hybrid wheat, Parents, Photosynthesis, Response