

刘 冰,白子裕,孙 禹,等. 杂交大豆叶片光合相关参数日变化及其与环境因子关系[J]. 江苏农业科学,2019,47(4):69-71.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.04.015

杂交大豆叶片光合相关参数日变化及其与环境因子关系

刘 冰,白子裕,孙 禹,姚 斌,张治安

(吉林农业大学农学院,吉林长春 130118)

摘要:为探明杂交大豆叶片光合相关参数日变化及其与环境因子关系,以杂交豆 2 号和杂交豆 5 号 2 个杂交大豆品种为试验材料,利用 LI-6400 型光合测定系统,在鼓粒期测定叶片光合相关参数日变化,并分析其与环境因子的关系。结果表明,鼓粒期杂交大豆叶片净光合速率和水分利用效率的日变化皆为双峰的变化曲线,中午出现午休现象,在 09:00—10:00 时出现第 1 峰值,15:00 时出现第 2 峰值,上午的峰值要高于下午的峰值。叶片气孔导度日变化则是表现为随着时间推进逐渐下降的变化。叶片的蒸腾速率变化表现为单峰变化曲线,12:00 时叶片蒸腾速率最大。杂交大豆叶片净光合速率与光合有效辐射表现为显著正相关($r=0.749\ 9^*$);叶片胞间 CO_2 浓度与光合有效辐射和空气温度呈显著负相关($r=-0.757\ 6^*$, $-0.777\ 1^*$);叶片蒸腾速率与光合有效辐射和空气温度呈显著正相关($r=0.851\ 8^*$, $0.802\ 6^*$)。

关键词:杂交大豆;光合相关参数;日变化;环境因子;相关分析

中图分类号:S565.101 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)04-0069-03

自然界里的杂种优势是普遍存在的,把杂交种的优势应用于提高作物的产量有着十分重要的意义^[1-4]。关于大豆杂交种优势以及其相关开发利用的研究,目前我国在国际上处于领先地位^[4-7],同时我国也是在世界上首个成功选育大豆杂交种品种,并且能将其应用于生产的国家^[4]。现已有多个通过审定的大豆杂交种品种,其产量可比普通的大豆品种产量要增产 15%~20%^[8-12]。作物产量物质中有 90% 以上是光合同化合成的物质运输而来的,光合速率与作物产量间呈现正相关的关系,高光合同化能力是其高产形成的生理基础^[13-15]。关于大豆叶片的一些生理生化特性已有较多研究报道^[16-18],但有关于大豆杂交种品种叶片的光合相关参数日变化的研究还未见报道。本研究利用 LI-6400 光合测定系统,研究杂交大豆叶片光合相关参数日变化及其与环境因子关系,为杂交大豆高效栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

大豆杂交种品种杂交豆 5 号和杂交豆 2 号种子,由吉林省农业科学院大豆研究所提供。

1.2 试验设计

试验于 2014 年在农业部大豆区域技术创新中心大豆试验基地进行,地点位于吉林长春(125.1°E、43.53°N),当地 $\geq 10\text{ }^\circ\text{C}$ 的年平均有效活动积温为 2 860 $^\circ\text{C}$,年平均降水量为 567 mm,年平均温度为 4.6 $^\circ\text{C}$,试验土壤营养成分含量及 pH 值见表 1。试验用随机区组排列设计,10 行小区,每行长 10 m,行间距 0.65 m,每小区 65 m^2 ,重复 3 次。种植密度为 20 万株/ hm^2 ,各品种于苗期定苗,正常田间管理。

表 1 试验田土壤营养成分含量及 pH 值

有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	pH 值
26.9	1.645	0.862	120	16.1	122	6.8

1.3 测定项目与方法

于大豆鼓粒盛期(R6),选择无云的晴天,从 05:00 至 18:00 时,用 LI-6400 型便携式光合测定仪,配备上开放式的气路,在田间每间隔 1 h 测定 1 次叶片净光合速率、胞间

CO_2 浓度、蒸腾速率和气孔导度,测定部位为植株主茎上数第 4 复叶的中间小叶。水分利用效率用净光合速率/蒸腾速率求得^[19]。

1.4 数据分析

试验结果为 3 次试验的平均值,用 Excel 2003 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 净光合速率的日变化

由图 1 可知,杂交大豆鼓粒期叶片的净光合速率日变化呈现双峰曲线变化趋势,中午有午休现象,在 10:00 出现第 1

收稿日期:2017-10-10

基金项目:国家自然科学基金(编号:31171459)。

作者简介:刘 冰(1990—),女,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,主要从事作物产量生理研究。Tel:(0431)84532849;E-mail:304873790@qq.com。

通信作者:张治安,博士,教授,主要从事作物生理与高产栽培研究。

Tel:(0431)84532849;E-mail:zhangzhian6412@163.com。

峰值,杂交豆2号叶片净光合速率为 $26.3 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,杂交豆5号叶片净光合速率为 $27.7 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;在15:00出现第2峰值,杂交豆2号叶片净光合速率为 $19.0 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,杂交豆5号叶片净光合速率为 $16.1 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;杂交豆2号叶片净光合速率下午峰值比上午峰值下降 $7.3 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,杂交豆5号叶片净光合速率下午峰值比上午峰值下降 $11.6 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

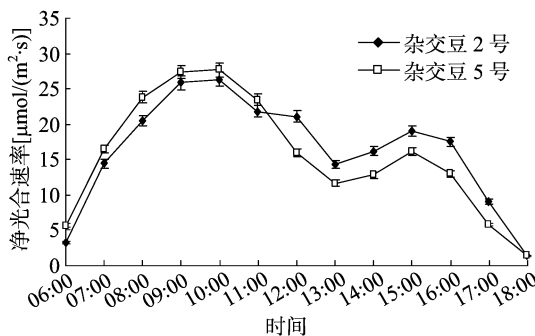


图1 杂交大豆叶片净光合速率的日变化

2.2 气孔导度的日变化

杂交大豆鼓粒期叶片气孔导度的日变化(图2)呈现出随着时间的推进逐渐下降的变化规律,06:00时气孔导度值最大,18:00时气孔导度值最小。从06:00时到18:00时,杂交豆2号叶片气孔导度从 $1.02 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下降到 $0.18 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;杂交豆5号叶片气孔导度从 $0.64 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 下降到 $0.16 \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。

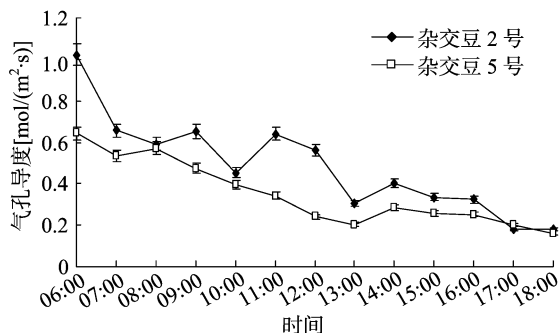


图2 杂交大豆叶片气孔导度的日变化

2.3 胞间 CO₂ 浓度的日变化

图3结果表明,杂交大豆在鼓粒期叶片的胞间 CO₂ 浓度日变化表现出06:00最高、18:00次之的特点。06:00到09:00,叶片胞间 CO₂ 浓度表现为快速降低趋势,杂交豆2号从 $473 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 降到 $266 \mu\text{mol}/\text{mol}$,杂交豆5号从 $469 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 降到 $284 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。09:00至16:00杂交大豆叶片胞间 CO₂ 浓度没有明显变化。16:00至18:00,叶片胞间 CO₂ 浓度又表现为明显升高变化,杂交豆2号从 $233 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 升到 $383 \mu\text{mol}/\text{mol}$,杂交豆5号从 $251 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 升到 $397 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

2.4 蒸腾速率的日变化

从图4可以看出,在鼓粒期杂交大豆叶片的蒸腾速率是呈单峰曲线变化的,从06:00到12:00,叶片蒸腾速率呈增加变化,12:00叶片蒸腾速率达到最大值,杂交豆2号和杂交豆5号峰值分别为 11.5 、 $8.8 \text{ mmol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$,12:00以后叶片蒸

腾速率逐渐降低。下午杂交豆2号叶片蒸腾速率总体比杂交豆5号叶片蒸腾速率高。

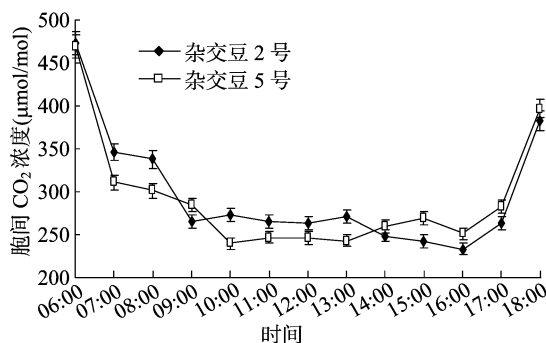


图3 杂交大豆叶片胞间 CO₂ 浓度的日变化

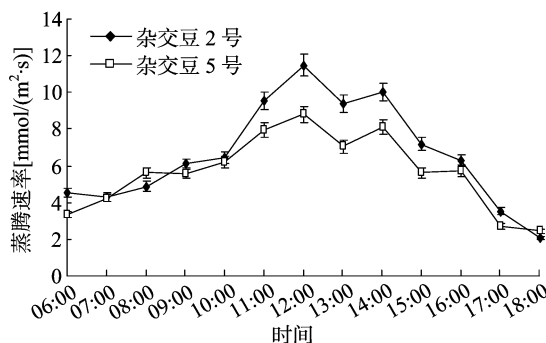


图4 杂交大豆叶片蒸腾速率的日变化

2.5 水分利用效率的日变化

从图5可以看出,杂交大豆鼓粒期叶片的水分利用效率日变化呈现出了双峰曲线变化趋势,与净光合速率日变化曲线表现基本一致,中午叶片水分利用效率降低,在09:00出现第1峰值,杂交豆2号叶片水分利用效率为 $4.25 \mu\text{mol}/\text{mmol}$,杂交豆5号叶片水分利用效率为 $4.92 \mu\text{mol}/\text{mmol}$;在15:00时出现第2峰值,杂交豆2号叶片水分利用效率为 $2.65 \mu\text{mol}/\text{mmol}$,杂交豆5号叶片水分利用效率为 $2.87 \mu\text{mol}/\text{mmol}$;下午叶片水分利用效率峰值比上午叶片水分利用效率峰值,杂交豆2号下降 $1.60 \mu\text{mol}/\text{mmol}$,杂交豆5号下降 $2.05 \mu\text{mol}/\text{mmol}$ 。

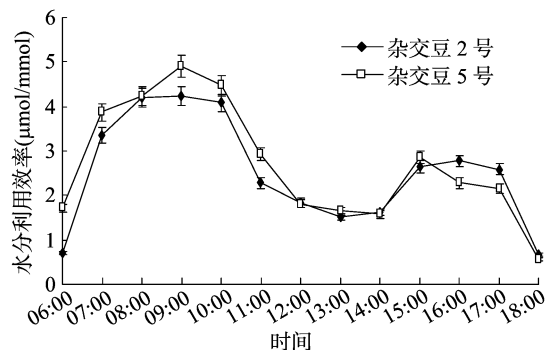


图5 杂交大豆叶片水分利用效率的日变化

2.6 杂交大豆鼓粒期叶片气体交换参数与环境因子关系

由表2结果可以看出,杂交大豆叶片净光合速率与光合有效辐射呈显著正相关关系($r = 0.7499^*$);叶片胞间 CO₂ 浓度与空气温度和光合有效辐射呈显著负相关($r = -0.7771^*$, -0.7576^*),与空气中 CO₂ 浓度和空气的相对

表 2 杂交大豆叶片光合相关参数与环境因子的相关分析

参数	相关系数			
	光合有效辐射	空气温度	空气相对湿度	空气 CO ₂ 浓度
净光合速率	0.749 9 *	0.393 9	-0.207 1	-0.533 8
气孔导度	-0.054 9	-0.380 5	0.618 3	0.563 9
胞间 CO ₂ 浓度	-0.757 6 *	-0.777 1 *	0.805 4 *	0.959 9 *
蒸腾速率	0.851 8 *	0.802 6 *	-0.554 4	-0.581 2
水分利用效率	0.370 6	-0.029 0	0.100 8	-0.244 2

注:“*”表示在 0.05 水平上显著相关。

湿度呈显著正相关($r=0.959\ 9^*$, $0.805\ 4^*$);叶片蒸腾速率与空气温度和光合有效辐射呈显著正相关($r=0.802\ 6^*$, $0.851\ 8^*$)。

3 讨论与结论

提高作物产量最有效的途径之一就是利用其杂种优势,利用杂交优势选育成功的杂交种大豆品种单产得到了较大幅度的提高^[4-6]。用适宜的栽培措施来调节增强作物的光合能力,可达到增加产量的目的^[18,20-22]。研究也表明,品种间叶片光合速率存在一定差异,并且表现为光合速率与产量间是呈正相关的^[15-16]。植物的光合同化作用这一生理过程是非常复杂的,叶的净光合速率既与其自身内部的因素,例如叶片的厚度、叶绿素的含量、叶片的成熟程度等密切相关,又要受到环境的气温、光有效辐射、土壤水分含量、空气相对湿度等影响^[23]。张治安等研究表明,在晴天自然条件下,菰叶片的净光合速率日变化呈现出单峰变化曲线趋势,其峰值在上午 11:00 出现;菰叶片的净光合速率与光合有效辐射和气孔导度间皆是呈显著的正相关,而与胞间 CO₂ 浓度则是呈显著的负相关^[24]。

杂交大豆鼓粒期叶片净光合速率和水分利用效率的日变化均呈现出双峰曲线的变化规律,中午出现有午休现象,上午峰值出现于 09:00—10:00,下午峰值出现于 15:00,上午的峰值要高于下午的峰值。叶片气孔导度随时间推进呈逐渐变小的变化规律,06:00 最大,18:00 最小。叶片胞间 CO₂ 浓度的日变化呈现出 06:00 最高,18:00 次之。06:00 到 09:00,叶片胞间 CO₂ 浓度快速降低,09:00 到 16:00 胞间 CO₂ 浓度变化不大,16:00 到 18:00,叶片胞间 CO₂ 浓度呈显著升高变化。叶片蒸腾速率呈单峰变化曲线,峰值在 12:00 出现。杂交大豆叶片净光合速率与光合有效辐射呈显著正相关($r=0.749\ 9^*$);叶片胞间 CO₂ 浓度与光合有效辐射和空气温度呈显著负相关($r=-0.757\ 6^*$, $-0.777\ 1^*$);叶片蒸腾速率与光合有效辐射和空气温度呈显著正相关($r=0.851\ 8^*$, $0.802\ 6^*$)。结果表明,环境因子对杂交大豆叶片净光合速率高低影响显著,其中光合有效辐射是净光合速率主要的影响因子。

参考文献:

- [1] 宋昕蔚,林建荣,吴明国. 水稻籼粳亚种间杂种优势利用研究进展与展望[J]. 科学通报,2016,61(35):3778-3786.
- [2] 刘宗华,汤继华,王庆东,等. 河南省主要玉米品种杂种优势利用模式分析[J]. 中国农业科学,2006,39(8):1689-1696.
- [3] 吕川根,邹江石. 两系法杂交稻两优培九育种的理论与实践[J]. 中国农业科学,2016,49(9):1628-1638.

- [4] 孙 寰,赵丽梅,王曙明,等. 大豆杂种优势利用研究进展[J]. 中国油料作物学报,2003,25(1):94-98,102.
- [5] 王曙明,孙 寰,王跃强,等. 大豆杂种优势及其高优势组合选配的研究[J]. 大豆科学,2002,21(3):161-167.
- [6] 谢甫绵,丑晓奇,张惠君,等. 大豆品种远缘杂交 F1 代的杂种优势分析[J]. 大豆科学,2007,26(6):857-861.
- [7] 孙 寰,赵丽梅,黄 梅. 大豆质-核互作不育系研究[J]. 科学通报,1993,38(16):1535-1536.
- [8] 赵丽梅,孙 寰,王曙明,等. 大豆杂交种杂交豆 1 号选育报告[J]. 中国油料作物学报,2004,26(3):16-18.
- [9] 彭 宝,赵丽梅,张伟龙,等. 大豆杂交种杂交豆 3 号选育报告[J]. 吉林农业科学,2010,35(6):4-5.
- [10] 彭 宝,张连发,张伟龙,等. 大豆杂交种杂交豆 5 号选育报告[J]. 吉林农业科学,2011,36(6):7-8.
- [11] 彭 宝,张 伟,张春宝,等. 杂交大豆吉育 606 选育及高产制种技术研究[J]. 作物杂志,2013(5):159-160.
- [12] 彭 宝,张伟龙,张井勇,等. 杂交大豆新品种吉育 607 选育报告[J]. 大豆科技,2013(4):31-33.
- [13] 许大全. 光合速率、光合效率与作物产量[J]. 生物学通报,1999,34(8):8-10.
- [14] 韩俊梅,卫保国,张海平. 杂交大豆光合特性与产量的关系[J]. 山西农业科学,2013,41(2):126-129.
- [15] 李大勇,王晓慧,张治安,等. 半野生和栽培大豆叶片某些光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报,2006,28(2):172-175.
- [16] 郑宝香,满为群,杜维广,等. 高光效大豆光合速率与主要光合生理指标及农艺性状的关系[J]. 大豆科学,2008,27(3):397-401.
- [17] 郝乃斌,戈巧英,张玉竹,等. 高光效大豆光合特性的研究[J]. 大豆科学,1989,8(3):283-287.
- [18] 董京铭,张耀鸿,田思懿,等. 夜间模拟增温对大豆生长及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(4):112-115.
- [19] 李大勇,徐克章,张治安,等. 新老大豆品种叶片光合特性的比较[J]. 中国油料作物学报,2007,29(3):281-285.
- [20] 郭丽果,尹宝重,郑佩佩,等. 播前耕作方式对河北平原区节水冬小麦光合特性和籽粒产量的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(1):69-72.
- [21] 杨颜熙,耿珍珍,郭 伟,等. 施硅对稻田稗草光合及生理特性的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(11):73-76.
- [22] 易小龙,李 国,李文雯,等. 不同滴灌灌水处理对棉花花铃期光合特性及产量构成的影响[J]. 江苏农业科学,2018,46(17):73-78.
- [23] 薛 崧,汪沛洪,许大全,等. 水分胁迫对冬小麦 CO₂ 同化作用的影响[J]. 植物生理学报,1992,18(1):1-7.
- [24] 张治安,杨 福,陈展宇,等. 菰叶片净光合速率日变化及其与环境因子的相互关系[J]. 中国农业科学,2006,39(3):502-509.