

四棱豆光合特性初步研究

全妙华, 陈东明, 贾威, 胡青

(怀化学院 生命科学系, 湖南 怀化 418008)

摘 要: 利用 LI-6400 便携式光合测定系统测定四棱豆现蕾期及主茎不同节位叶片的叶绿素含量和净光合速率, 并通过回归分析和相关分析研究净光合速率与主要生理、生态因子的关系。结果表明, 四棱豆主茎不同节位叶片的叶绿素含量和净光合速率随着节位的上升而下降; 净光合速率日变化曲线呈双峰状, 有典型的光合“午休”现象; 影响四棱豆净光合速率日变化的主要生态因子是叶片温度和空气相对湿度, 主要生理因子是蒸腾速率。

关 键 词: 四棱豆; 光合特性; 生理生态因子

中图分类号: Q945.11 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)03-0304-05

Photosynthetic characteristics of winged bean

QUAN Miao-hua, CHEN Dong-ming, JIA Wei, HU Qing

(Department of Life Science, Huaihua University, Huaihua, Hunan 418008, China)

Abstract: Chlorophyll contents and net photosynthetic rate (P_n) of leaves seated in different knots of the main stem of winged bean and the diurnal photosynthetic characteristics were determined in budding stage by LI-6400 portable photosynthesis system. The relationship between net photosynthetic rate (P_n) and its physio-ecological factors, including PAR , RH , T_l , G_s , C_i and Tr , were clarified by regression analysis and correlation analysis. The results showed that chlorophyll contents and P_n of leaves seated in different knots of winged bean were different, that was, with the knots increasing, the chlorophyll contents and P_n of the leaves declined. The diurnal change trend of P_n showed a double peak curve, presenting a typical phenomenon of “photosynthesis midday depression”. Among the ecological factors, T_l and RH were the key two ones that influenced the variations of P_n , and Tr was the major physiological factor that influenced the variations of P_n .

Key words: winged bean; photosynthetic characteristics; physio-ecological factors

四棱豆(*Psophocarpus teragonolobus* (L.)DC)又名翼豆, 是豆科四棱豆属一年生或多年生缠绕性草本植物, 富含蛋白质、赖氨酸、维生素 E 等多种营养成分^[1-2]。近年来, 在四棱豆引种栽培、品种选育等方面开展了广泛研究^[3-5], 但有关四棱豆光合特性方面的研究少见报道。四棱豆属短日照植物, 对光照和温度特别敏感, 在长日照条件下易引起茎、叶徒长而不能开花结果^[6]。笔者以中翼一号为试验材

料, 研究了四棱豆属植物的光合特性, 旨在为四棱豆的科学栽培与管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材 料

选用中翼一号四棱豆优良种子, 于 2009 年 5 月中旬播种于大田, 定植时随机排列, 每穴 2 株。测定试验于 2009 年 7 月上旬进行, 此时植株正处于

收稿日期: 2010-02-18

基金项目: 湖南省科技计划项目(2009FJ3105); 怀化学院科研项目(HHUY2008-10)

作者简介: 全妙华(1971—), 男, 湖南沅陵人, 硕士, 副教授, 主要从事植物生物化学研究, hhqmh100@163.com

现蕾期，株高约 3 m，生长势旺盛。

主要测试仪器为 LI-6400 便携式光合测定系统 (LI-COR, USA)、752 型紫外可见分光光度计(上海分析仪器总厂)、AL104-电子天平(梅特勒-托利多仪器有限公司)等。

1.2 方 法

1.2.1 四棱豆主茎不同叶位叶片的叶绿素含量和净光合速率测定

2009 年 7 月上旬，在天气晴朗、无风日的 9:00—11:00，采用 LI-6400 便携式光合测定系统测定四棱豆主茎不同叶位叶片的叶绿素含量和净光合速率(P_n)。测定时大气 CO_2 浓度为 $(400\pm50)\text{ }\mu\text{mol/mol}$ ，光合有效辐射为 $(1\ 600\pm50)\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。分别选择四棱豆主茎的第 3~19 节位(从下向上依次编号)叶片测定其净光合速率，设 3 个重复，取平均值。在完成净光合速率测定后随即进行叶绿素的提取及含量测定^[7]。

1.2.2 四棱豆净光合速率与主要生理、生态因子日变化的测定

2009 年 7 月上旬，在天气晴朗、无风日的 8:00—18:00 选取四棱豆主茎第 9 节位成熟功能叶片，测定叶片净光合速率、光合有效辐射(PAR)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)、空气相对湿度(RH)、叶片温度(T_l)等^[8-9]。每 2 h 测 1 次，设 3 个重复，取平均值。

1.2.3 数据处理与分析

所测数据用 Microsoft Excel 2003 软件处理，以便对四棱豆叶片净光合速率及其主要生理、生态因子日变化的规律进行分析。为探明各生理、生态因子对四棱豆叶片净光合速率的直接和间接影响，以及各影响因子之间的关系，采用 SPSS13.0 软件对测定结果进行多元逐步回归分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 四棱豆主茎不同节位叶片的叶绿素含量和净光合速率

表 1 结果显示，四棱豆主茎不同节位叶片(现蕾期)叶绿素含量不同。总的看来，叶绿素 a、叶绿素 b 及叶绿素总含量随节位升高呈下降趋势，但叶绿

素 a 与叶绿素 b 的含量比以中部节位(第 9~11 节位)较高，四棱豆主茎不同节位叶片净光合速率也随节位升高呈下降趋势变化，与叶绿素含量变化一致，表明叶片净光合速率与其叶绿素含量呈正相关。

表 1 四棱豆不同节位叶片的叶绿素含量和净光合速率
Table 1 Chlorophyll contents and P_n of leaves seated in different knots of winged bean

节位	A	B	A+B	A/B	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
3	1.641	0.632	2.273	2.597	20.3
5	1.507	0.583	2.090	2.585	22.5
7	1.514	0.564	2.078	2.684	21.9
9	1.380	0.472	1.852	2.924	21.6
11	1.373	0.463	1.836	2.965	19.7
13	1.383	0.492	1.875	2.811	17.8
15	1.239	0.444	1.683	2.791	15.3
17	1.170	0.413	1.583	2.833	13.5
19	1.099	0.397	1.496	2.768	11.2

A 为叶绿素 a 含量(mg/g); B 为叶绿素 b 含量(mg/g)。

2.2 四棱豆叶片净光合速率的日变化

图 1 结果显示，四棱豆主茎第 9 节位成熟功能叶片的净光合速率在 8:00—11:00 急剧上升，第 1 个高峰出现在 11:00，其净光合速率达到 $21.6\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，随后净光合速率开始下降，到 13:00 左右，其净光合速率下降至最低点，为 $13.2\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ，与第 1 个高峰值相比，其净光合速率降低了 38.9%，之后，净光合速率又出现缓慢升降现象，在 16:00 时出现第 2 个高峰，其净光合速率为 $17.5\text{ }\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 。可见，四棱豆叶片的净光合速率日变化曲线呈双峰状，表现出“午休”现象。

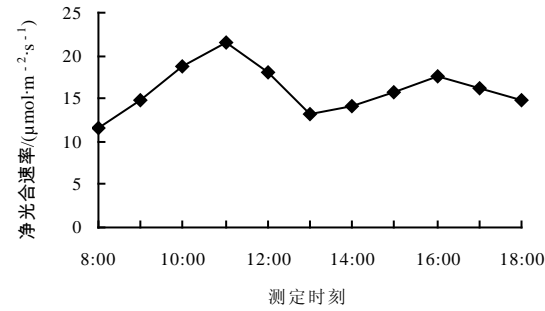


图 1 四棱豆叶片的净光合速率日变化

Fig.1 P_n of winged bean leaves at different time in a day

2.3 主要生理、生态因子的日变化

图 2、图 3 结果表明, 四棱豆叶片光合有效辐射与叶片温度的日变化呈先升后降变化, 并且变化趋势一致, 于 13:00 左右达到峰值, 最大值分别约为 $2\,000\ \mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ 和 $39.16\ ^\circ\text{C}$, 此时, 净光合速率正处于其日变化中的波谷值。这说明四棱豆叶片净光合速率的日变化与光合有效辐射和叶片温度等生态因子密切相关, 中午出现“午休”现象可能是光抑制和高温共同作用的结果。

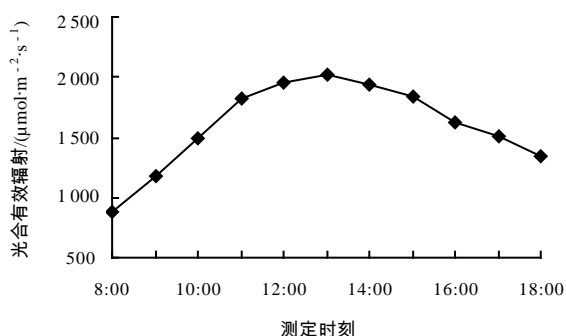


图 2 不同测定时间的光合有效辐射

Fig.2 PAR at different time in a day

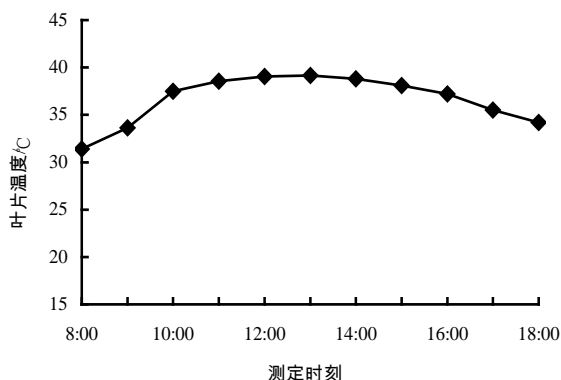


图 3 不同测定时间四棱豆的叶片温度

Fig.3 TL of winged bean leaves at different time in a day

蒸腾速率随光合有效辐射和叶片温度的升降而明显地升降, 呈现“N”形变化(图 4), 即蒸腾速率先迅速增强, 于 11:00 达到峰值 $15.9\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 随后明显降低, 于 13:00 降至最低值 $6.11\ \text{mmol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 比峰值降低了 61.6%, 其后随叶片温度的逐渐降低而明显回升。

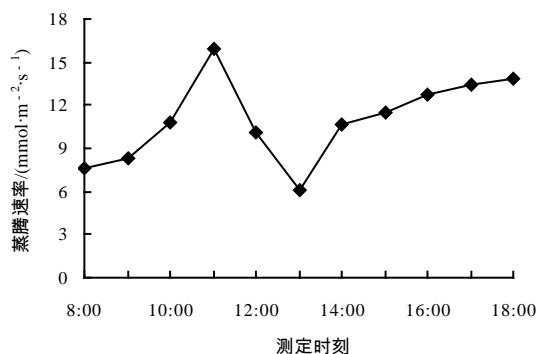


图 4 不同测定时间四棱豆叶片的蒸腾速率

Fig.4 Tr of winged bean leaves at different time in a day

空气相对湿度、胞间 CO_2 浓度和气孔导度三者的日变化规律基本一致(图 5~图 7), 呈现出早晚较高, 中午较低的特点, 其变化趋势与光合有效辐射和叶片温度的相反, 即随着光合有效辐射与叶片温度的逐渐升高, 空气相对湿度、胞间 CO_2 浓度和气孔导度逐渐降低, 于 13:00 均降至最低点, 分别为 56.6%、 $235\ \mu\text{mol}/\text{mol}$ 和 $0.201\ \text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$, 然后随光合有效辐射与叶片温度的逐渐降低, 空气相对湿度、胞间 CO_2 浓度和气孔导度均逐渐回升。

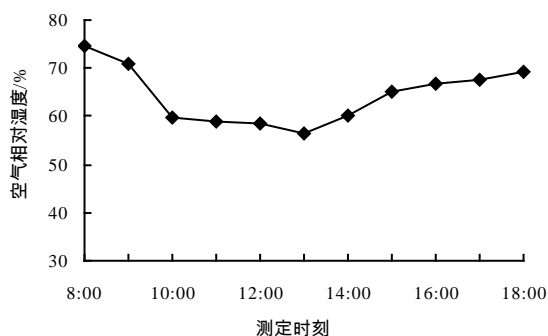


图 5 不同测定时间四棱豆叶片的空气相对湿度

Fig.5 RH of winged bean leaves at different time in a day

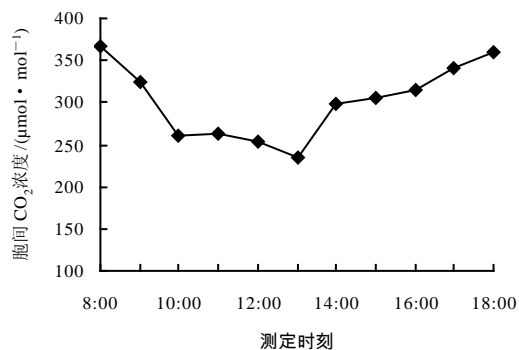


图 6 不同测定时间四棱豆叶片的胞间 CO_2 浓度

Fig.6 Ci of winged bean leaves at different time in a day

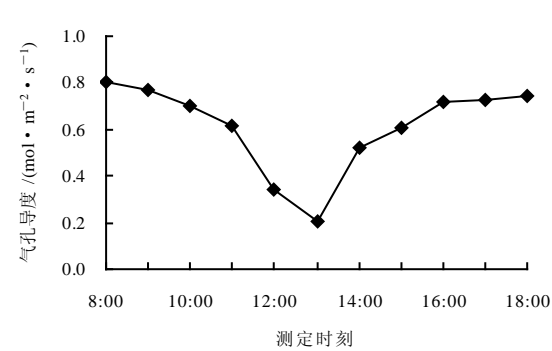


图 7 不同测定时间四棱豆叶片的气孔导度
Fig.7 Gs of winged bean leaves at different time in a day

综合分析可知，四棱豆叶片净光合速率与光合有效辐射、叶片温度、蒸腾速率、气孔导度等生理、生态因子之间存在密切的相关性，其中与蒸腾速率与净光合速率的相关性更强。

2.4 净光合速率与主要生理、生态因子的相关性分析

2.4.1 回归分析

经多元逐步回归分析，四棱豆叶片净光合速率

与各生理、生态因子的回归方程为 $Pn = 18.060 - 0.003 PAR - 0.075Ci + 2.668Gs + 0.825Tr + 0.117RH + 0.221Tl$ ， $R^2=0.938$ 。经 t 值检验得各生理、生态因子对四棱豆叶片净光合速率的影响从大到小依次为蒸腾速率、空气相对湿度、叶片温度、胞间 CO_2 浓度、光合有效辐射和气孔导度。

2.4.2 相关分析

如表 2 所示，从相关系数来看，各影响因子对四棱豆叶片净光合速率的综合影响从大到小(绝对值)依次为蒸腾速率、叶片温度、气孔导度、空气相对湿度、光合有效辐射和胞间 CO_2 浓度，其中蒸腾速率与净光合速率呈显著正相关($P<0.05$)；光合有效辐射与叶片温度呈极显著正相关($P<0.01$)，但与胞间 CO_2 浓度、气孔导度和空气相对湿度呈负相关，与试验测定结果一致；胞间 CO_2 浓度与气孔导度和空气相对湿度呈极显著正相关($P<0.01$)，与叶片温度呈负相关；叶片温度与气孔导度和空气相对湿度均呈极显著负相关($P<0.01$)。

表 2 四棱豆净光合速率与主要生理、生态因子的相关系数

Table 2 Relative correlations among net photosynthetic rate and main physio-ecological factors in winged bean							
影响因子	<i>Pn</i>	<i>PAR</i>	<i>Ci</i>	<i>Gs</i>	<i>Tr</i>	<i>RH</i>	<i>Tl</i>
<i>Pn</i>	1.000						
<i>PAR</i>	0.228	1.000					
<i>Ci</i>	- 0.014	- 0.505	1.000				
<i>Gs</i>	0.342	- 0.454	0.908**	1.000			
<i>Tr</i>	0.855*	0.251	0.325	0.616	1.000		
<i>RH</i>	- 0.317	- 0.481	0.885**	0.668	- 0.055	1.000	
<i>Tl</i>	0.591	0.827**	- 0.740	- 0.785**	0.370	- 0.877**	1.000

**示极显著水平($P<0.01$)；*示显著水平($P<0.05$)。

3 结论与讨论

本研究结果表明，四棱豆主茎不同节位叶片(现蕾期)的净光合速率与叶绿素含量随节位的升高呈下降趋势，二者呈正相关。这与苗以农^[10]、于龙凤等^[11]报道的植株不同节位叶片叶绿素含量变化规律一致，主要与叶片发育程度有关。另外，据刘金花等^[8]、王凯等^[12]、朱萍等^[13]和薛建平等^[14]报道，在遮荫环境下植株叶片的叶绿素总含量增高，特别是叶绿素 b 含量增幅较大，其叶绿素 a 与叶绿素 b 的含量比明显下降。四棱豆下部节位(第 3~7 节位)

叶片(现蕾期)的叶绿素含量最高，但其叶绿素 a 与叶绿素 b 的含量比明显低于中部节位(第 9~11 节位)，由此推断，下部节位叶片存在部分遮荫也可能是其叶绿素含量及其净光合速率较高的原因之一。

本试验结果表明，叶片温度、蒸腾速率、光合有效辐射、空气相对湿度、胞间 CO_2 浓度和气孔导度等生理、生态因子对四棱豆的净光合速率都有影响，但回归分析和相关分析结果有一定差异，这主要是因为回归分析是分析因子对净光合速率的直接影响，而相关分析是分析因子对净光合速率的综合影响。综合分析可知，影响四棱豆净光合速率日

变化的主要生态因子是叶片温度和空气相对湿度,主要生理因子是蒸腾速率。本试验中温度是主要影响因素,与文献[6]报道的四棱豆对光照和温度特别敏感基本一致,但试验测定时光合有效辐射均处于较高水平,不同光照度对四棱豆光合作用的影响还有待研究。

在生产实践中,应选择适宜的四棱豆播种时期,如湖南在4月下旬至5月初播种^[15]有利于四棱豆植株生长发育和提高净光合速率,同时可降低盛夏时节由于强光和高温造成的光抑制现象。为减少夏季中午四棱豆光合“午休”,可人为改变栽培地小环境,如在炎热夏季早晚给四棱豆叶片喷水或浇地等,以降低叶片温度,减少水分的散失,提高光合作用效率^[9]。另外,四棱豆在较高的光合有效辐射条件下,其净光合速率处于较高水平,光合能力较强,因此,栽培四棱豆时应选择光照较充足的地块,并且注意保持一定的株距和行距,使其接受充分光照,不仅可以提高其光合能力,还可有效防止四棱豆植株徒长、结荚率低等现象,从而达到增产的目的。

参考文献:

- [1] 李娘辉,徐颂军.四棱豆的营养价值和利用[J].华南师范大学学报,1996(2):84-89.
- [2] 张德纯.蔬菜史话·四棱豆[J].中国蔬菜,2009(15):16.
- [3] 王佩芝,邓淑芳,胥晓.四棱豆优良品种的引种和良种选育研究[J].中国农学通报,2003,19(2):59-62.
- [4] 党选民,杨衍,刘维侠,等.四棱豆新品种翠绿[J].园艺学报,2008,35(11):1714.
- [5] 陈东明,艾辛,王佩芝,等.四棱豆的主要农艺性状和品种亲缘关系研究[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2005,31(5):521-523.
- [6] 蒋向辉,陈东明,余朝文,等.组培技术在四棱豆矮生种质幼胚的应用研究[J].江苏农业科学,2008(4):86-88.
- [7] 张志良.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,1987:88-91.
- [8] 刘金花,李佳,张永清.黄芩植株光合特性初步研究[J].中草药,2009,40(6):961-964.
- [9] 向盛萍,袁德义,赵思东,等.菲油果光合特性的日变化[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2009,35(3):284-287.
- [10] 苗以农.大豆不同节位叶绿素含量的变异性[J].大豆科学,1987,6(1):212-215.
- [11] 于龙凤,孙海桥,安福全.不同大豆品种叶片叶绿素变化规律的研究[J].黑龙江农业科学,2009(2):32-34.
- [12] 王凯,朱教君,于立忠,等.遮荫对黄波罗幼苗的光合特性及光能利用效率的影响[J].植物生态学报,2009,33(5):1003-1012.
- [13] 朱萍,杨世民,马均,等.遮光对杂交水稻组合生育后期光合特性和产量的影响[J].作物学报,2008,34(11):2003-2009.
- [14] 薛建平,王兴,张爱民,等.遮荫对半夏光合特性的影响[J].中国中药杂志,2008,33(24):2896-2900.
- [15] 全妙华,陈东明,姚元枝,等.四棱豆的引种及其适应性研究[J].中国农学通报,2006,22(2):295-297.

责任编辑:王赛群

英文编辑:罗文翠