

# 向日葵光合作用能力最强叶片探讨及其光合作用日变化研究

杜社妮<sup>1,2</sup>, 耿桂俊<sup>3</sup>, 张蕊<sup>4</sup>, 白岗栓<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 淄博德安环境检测有限公司, 山东 淄博 255086; 4. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以“先瑞 9 号”、“T9938”2 个向日葵品种为试材,在其初花期利用 Li-6400 光合仪,依次从植株顶部到基部测定不同节位叶片的光合作用及光合能力最强叶片的光合作用日变化,以规范测定标准并为比较、分析向日葵叶片光合能力提供指导。结果表明:对不同节位向日葵叶片,光合速率、气孔导度“先瑞 9 号”以第 5 节位最高,“T9938”以第 6 节位最高;蒸腾速率“先瑞 9 号”以第 6 节位最高,“T9938”以第 7 节位最高;胞间 CO<sub>2</sub> 浓度“先瑞 9 号”以第 5、6 节位最低,“T9938”以第 6 节位最低;2 个品种光合作用能力最强节位叶片分别是“先瑞 9 号”为第 5 节位叶片,“T9938”为第 6 节位叶片,其光合速率、气孔导度均在 11:00 时达到最高值,胞间 CO<sub>2</sub> 浓度在 11:00 时达到最低值;蒸腾速率“先瑞 9 号”在 13:00 时达到最高值,“T9938”在 14:00 时达到最高值;选择顶部完全发育、完全伸展的最高节位叶片,在 11:00 时测定,其测定值可代表初花期向日葵叶片的最大光合能力。

**关键词:**向日葵;光合能力;叶片;节位

**中图分类号:**S 565.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0011-05

光合作用是绿色植物将太阳能转化为化学能的过程,是生物界最基本的物质代谢和能量代谢,是生物界

**第一作者简介:**杜社妮(1966-),女,陕西杨凌人,硕士,实验师,现主要从事蔬菜栽培及农业生态等研究工作。E-mail: sнду@nwsuaf.edu.cn.

**基金项目:**国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAD29B03; 2011BAD31B05)。

**收稿日期:**2013-09-23

赖以生存、繁衍和发展的基础。向日葵(*Helianthus annuus*)是一种高达 3 m 的大型 1 a 生菊科向日葵属草本植物。原产北美洲,是我国干旱、半干旱地区重要的经济作物,是 C<sub>3</sub> 植物中光合能力最强的作物之一<sup>[1]</sup>,且从顶部到基部,不同节位叶片光合能力差异较大<sup>[2]</sup>。向日葵植株高大,叶片多,不利于光合作用测定。目前有关向日葵光合作用方面的研究比较多<sup>[3-4]</sup>,在测定向日葵光合作用时,谭万能等<sup>[5]</sup>、寇伟锋等<sup>[6]</sup>选择了植株顶部向下完全伸展的叶片,陈全战等<sup>[7]</sup>、徐惠风等<sup>[8]</sup>选择了

## Effects of Different Carbon Dioxide Concentration and Cultivation Methods on Growth of Tomato

LI Ning<sup>1,2</sup>, WANG Long-chang<sup>2</sup>, GUO Wen-zhong<sup>1</sup>, MAO Jin-zhu<sup>1,3</sup>, ZHANG Min<sup>1,4</sup>, XUE Xu-zhang<sup>1</sup>, CHEN Fei<sup>1</sup>

(1. National Research Centre of Intelligent Equipment for Agriculture, Beijing 100097; 2. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400715; 3. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193; 4. College of Science, Northwestern Agriculture and Forestry University, Shaanxi, Xi'an 712100)

**Abstract:** Taking tomato ‘Shali’ as material, through applying carbon dioxide(CO<sub>2</sub>) in solar greenhouse, the effect of three different cultivation methods that were negative pressure irrigation with supplying nutrient solution, matrix cultivation and soil cultivation on growth, yield and nutrient use efficiency were compared. The results showed that, higher carbon dioxide concentration could increase plant height, stem diameter and leaf number of tomato, improve SPAD of tomato leaf and promote anthesis and mature period ahead. Besides, it increased dry matter content and yield of tomato, reduced root-shoot and improved nutrient solution using efficiently. In terms of cultivation method, tomato under soil cultivation was good in early stage compared with tomato under matrix cultivation and negative pressure irrigation, but the later two cultivation exceeded in later period. Moreover, there were no significant differences between matrix cultivation and negative pressure irrigation during the whole growth period.

**Key words:** tomato; CO<sub>2</sub> concentration; negative pressure irrigation; matrix cultivation; soil cultivation; yield; nutrient solution

植株顶部向下的第3节位叶片,陈卫英等<sup>[9]</sup>选择了第4节位叶片,张凤华等<sup>[10]</sup>选择了第5节位叶片,而邹璐等<sup>[11]</sup>、徐惠风等<sup>[12]</sup>选择了生长正常的叶片,诸多研究选择了不同节位叶片,对评价、分析及比较向日葵光合作用能力带来不便。现以初花期的向日葵为试材,依次从植株顶部到基部测定不同节位叶片的光合作用及光合能力最强叶片的光合作用日变化,以规范测定标准并为比较、分析向日葵叶片光合能力提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古河套灌区西部的磴口县坝楞村,为中温带大陆性季风气候,海拔1 048.7 m,年均气温7.6℃,降雨量142.7 mm,蒸发量2 381.8 mm,无霜期136~144 d,全年日照时数3 209.5 h,作物生长期光合有效辐射 $1.68 \times 10^5 \text{ J/cm}^2$ 。试验地土壤为灌淤土,土壤有机质为10.0 g/kg,耕层土壤含盐量为1.0 g/kg左右,主要为氯化物-硫酸盐。

### 1.2 试验材料

供试向日葵品种为巴彦淖尔市天禹种业有限公司提供的“先瑞9号”(先瑞种子科技有限公司选育)和“T9938”(美国亚当斯种子公司选育)。2012年5月25日采用地膜覆盖,宽窄行种植,其中宽行行距100 cm,窄行行距40 cm,株距40 cm,密度35 714株/hm<sup>2</sup>。2012年7月20日2个品种均为初花期。初花期“先瑞9号”平均株高为178.5 cm,茎秆直径为3.25 cm,绿色叶片数为19.1;“T9938”株高为186.4 cm,茎秆直径为3.17 cm,绿色叶片数为19.4。光合能力测定前4 d试验地进行了灌溉。

### 1.3 试验方法

**1.3.1 不同品种向日葵不同节位叶片的光合生理生态指标** 为了避免田间遮荫对叶片光合能力的影响,测定不同节位叶片光合能力时,选用Li-6400型便携式光合仪配置的红蓝光源,光子强度控制为 $1\,000 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,气温为27℃,大气压为95.6 kPa,空气相对湿度为65%,空气流速为0.5 L/min,CO<sub>2</sub>浓度为380~390  $\mu\text{mol/mol}$ 。在田间选择“先瑞9号”、“T9938”长势相对一致的植株各6株,在上午10:00~11:30从顶部到基部,依次测定不同节位绿色叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度、胞间CO<sub>2</sub>浓度。每次测定时读取3个稳定的数值,取平均值。

**1.3.2 不同品种向日葵光合能力最强叶片光合作用日变化** 根据不同节位叶片光合能力的测定结果,以“先瑞9号”、“T9938”光合能力最强叶片为测试对象,在晴天07:00~20:00,采用标准叶室,自然光源,开放式气路,

用Li-6400型便携式光合仪,在田间选择“先瑞9号”、“T9938”长势相对一致的植株各6株,每1 h测定1次光合能力最强叶片的光合速率、胞间CO<sub>2</sub>浓度、蒸腾速率、气孔导度。测定时叶室方向与太阳光线垂直。每次测定时读取3个稳定的数值,取平均值。

### 1.4 数据分析

试验数据用Excel 2003作图,用独立2个样本的*t*检验进行2个品种间的差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同品种向日葵不同节位叶片的光合生理生态特性比较

**2.1.1 光合速率比较** 由图1可知,“先瑞9号”第4、5、6片叶的光合速率较高,其中第5片叶的光合速率最高,为 $35.2 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”第5、6、7片叶的光合速率较高,其中第6片叶的光合速率最高,为 $32.4 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”第5节位、“T9938”第6节位叶片的光合速率与紧邻节位的光合速率无显著差异。第1~11节位,“先瑞9号”的平均光合速率为 $27.85 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为 $24.80 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”极显著高于“T9938”(P<0.01);第12~19节位,“先瑞9号”平均为 $7.60 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为 $9.20 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”极显著低于“T9938”。从顶部到基部,“先瑞9号”平均为 $19.33 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为 $18.23 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著高于“T9938”(P<0.05)。

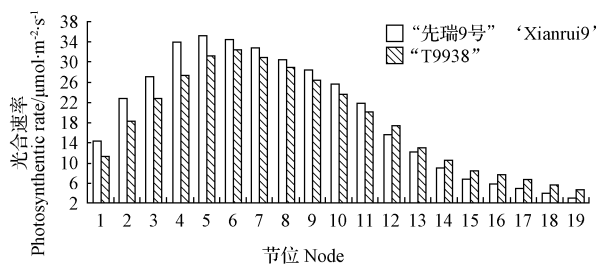


图1 不同节位叶片的光合速率

Fig. 1 Photosynthetic rate of different nodes leaves

**2.1.2 蒸腾速率比较** 由图2可知,“先瑞9号”和“T9938”不同节位叶片的蒸腾速率的变化趋势一致,随着叶片节位的降低,蒸腾速率增加,到第6、7叶时最大,随后又降低。第1~7节位,“先瑞9号”平均为 $19.56 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为 $17.63 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著高于“T9938”;第8~11节位,“先瑞9号”平均为 $17.85 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为 $18.43 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”略低于“T9938”;第12~19

节位,“先瑞9号”平均为  $7.55 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $8.43 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”极显著低于“T9938”。从顶部到基部,“先瑞9号”平均为  $14.14 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $14.05 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”略高于“T9938”。“先瑞9号”第6节位、“T9938”第7节位叶片的蒸腾速率最高,且与紧邻节位无显著差异。

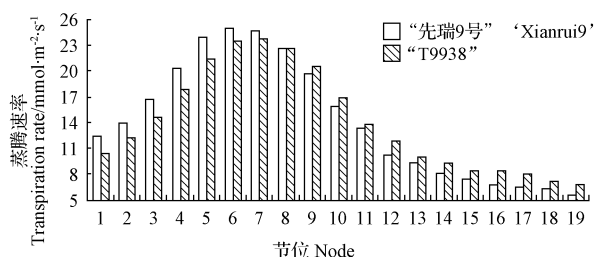


图2 不同节位叶片的蒸腾速率

Fig. 2 Transpiration rate of different nodes leaves

2.1.3 气孔导度比较 由图3可知,不同节位叶片的气孔导度的变化与蒸腾速率的变化趋势一致。第1~10节位,“先瑞9号”气孔导度平均为  $1.01 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $0.93 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著高于“T9938”;第11~19节位,“先瑞9号”平均为  $0.50 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $0.53 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著低于“T9938”。从顶部到基部,“先瑞9号”平均为  $0.77 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $0.74 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”略高于“T9938”。“先瑞9号”第5节位、“T9938”第6节位叶片的气孔导度最高,且与紧邻节位无显著差异。

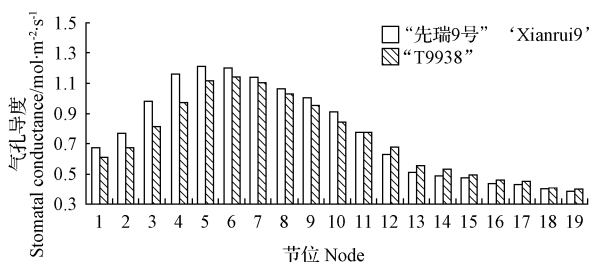


图3 不同节位叶片的气孔导度

Fig. 3 Stomatal conductance of different nodes leaves

2.1.4 胞间  $\text{CO}_2$  浓度比较 由图4可知,不同节位叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度呈“√”形,“先瑞9号”以第5、6节位最低,均为  $236.80 \mu\text{mol/mol}$ ,”T9938”以第6节位最低,为  $241.6 \mu\text{mol/mol}$ 。第1~10节位,“先瑞9号”的胞间  $\text{CO}_2$  浓度平均为  $249.17 \mu\text{mol/mol}$ ,略低于“T9938”的  $254.90 \mu\text{mol/mol}$ ;第11~19节位,“先瑞9号”胞间  $\text{CO}_2$

浓度平均为  $278.30 \mu\text{mol/mol}$ ,略高于“T9938”的  $274.77 \mu\text{mol/mol}$ 。从顶部到基部,“先瑞9号”胞间  $\text{CO}_2$  浓度平均为  $262.97 \mu\text{mol/mol}$ ,略低于“T9938”的  $264.31 \mu\text{mol/mol}$ 。

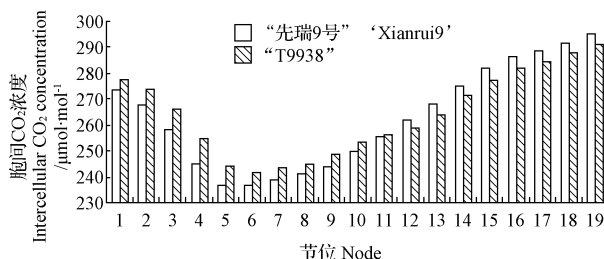


图4 不同节位叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度

Fig. 4 Intercellular  $\text{CO}_2$  concentration of different nodes leaves

## 2.2 不同品种向日葵光合能力最强叶片的光合生理生态日变化

不同节位叶片的光合速率、气孔导度等表明,“先瑞9号”光合能力最强叶片为第5节位叶片,“T9938”为第6节位叶片,均为顶部完全发育、完全伸展的最高节位叶片。

2.2.1 光合速率 由图5可知,“先瑞9号”第5节位、“T9938”第6节位叶片的光合速率日变化均为单峰曲线,且无“午休”现象,均在11:00时达到最高峰。“先瑞9号”在7:00~13:00时平均为  $27.29 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $24.98 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著高于“T9938”;“先瑞9号”在14:00~20:00时平均为  $15.66 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $16.75 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞9号”显著低于“T9938”。“先瑞9号”全天的光合速率平均为  $21.47 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,略高于“T9938”的  $20.86 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

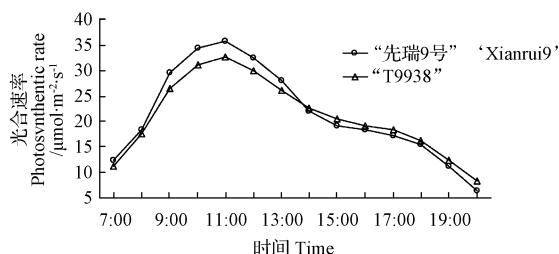


图5 光合能力最强节位叶片的光合速率日变化

Fig. 5 Photosynthetic rate diurnal change of the photosynthetic capacity strongest leaf

2.2.2 蒸腾速率 由图6可知,“先瑞9号”第5节位、“T9938”第6节位叶片的蒸腾速率日变化均为单峰曲线,8:00~10:00时为迅速上升阶段,10:00~14:00时

为相对稳定阶段,15:00~17:00 时为迅速下降阶段。“先瑞 9 号”在 13:00 时达到最高峰,“T9938”在 14:00 时达到最高峰。7:00~15:00 时“先瑞 9 号”平均为  $18.90 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $17.73 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞 9 号”显著高于“T9938”;16:00~20:00 时“先瑞 9 号”平均为  $9.11 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”T9938”为  $10.16 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,”先瑞 9 号”显著低于“T9938”。“先瑞 9 号”全天的蒸腾速率平均为  $15.40 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,略高于“T9938”的  $15.03 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

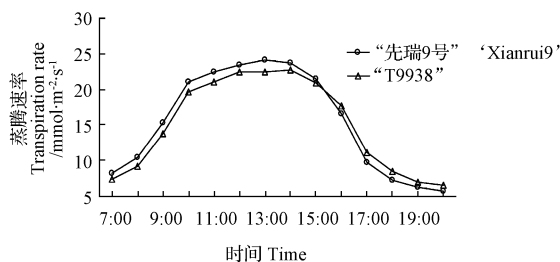


图 6 光合能力最强节位叶片的蒸腾速率日变化

Fig. 6 Transpiration rate diurnal change of the photosynthetic capacity strongest leaf

2.2.3 气孔导度 由图 7 可知,“先瑞 9 号”第 5 节位、“T9938”第 6 节位叶片的气孔导度日变化均为单峰曲线,均在 11:00 时达到最高峰。7:00~13:00 时“先瑞 9 号”气孔导度平均为  $1.02 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,显著高于“T9938”的  $0.96 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ;14:00~20:00 时“先瑞 9 号”气孔导度平均为  $0.57 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,显著低于“T9938”的  $0.63 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。“先瑞 9 号”全天的气孔导度平均为  $0.80 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ,略高于“T9938”的  $0.79 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

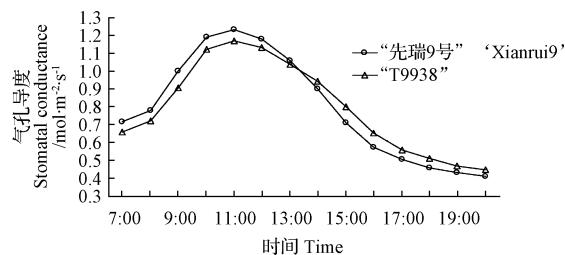


图 7 光合能力最强节位叶片的气孔导度日变化

Fig. 7 Stomatal conductance diurnal change of the photosynthetic capacity strongest leaf

2.2.4 胞间  $\text{CO}_2$  浓度 由图 8 可知,“先瑞 9 号”第 5 节位、“T9938”第 6 节位叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化均呈“√”形曲线,从 7:00 开始逐渐降低,11:00 降低到最低值,11:00 时以后又逐渐升高,20:00 时达到最高值。7:00~13:00 “先瑞 9 号”的胞间  $\text{CO}_2$  浓度平均为

$244.56 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,略低于“T9938”的  $250.19 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ;14:00~20:00 “先瑞 9 号”胞间  $\text{CO}_2$  浓度平均为  $283.70 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,略高于“T9938”的  $280.44 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。“先瑞 9 号”全天胞间  $\text{CO}_2$  浓度平均为  $264.13 \mu\text{mol}/\text{mol}$ ,略低于“T9938”的  $265.31 \mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

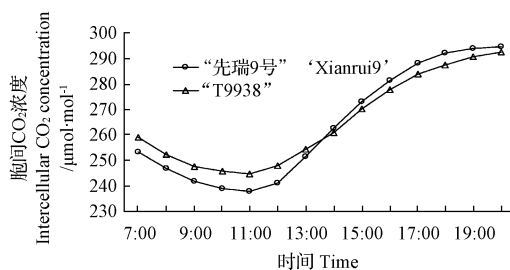


图 8 光合能力最强节位叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化

Fig. 8 Intercellular  $\text{CO}_2$  concentration diurnal change of the photosynthetic capacity strongest leaf

### 3 讨论与结论

该试验结果表明,“先瑞 9 号”、“T9938”不同节位叶片的光合速率、蒸腾速率及气孔导度均呈单峰曲线,与徐惠风等<sup>[2,12]</sup>、张风华等<sup>[10]</sup>的试验结果基本一致。向日葵不同节位叶片的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度的最高峰及胞间  $\text{CO}_2$  浓度最低值出现在中上部叶片,主要是上部叶片为新叶,其光合作用功能还未建成,而下部叶片是老叶,光合能力已减弱。初花期“先瑞 9 号”、“T9938”光合能力最强叶片分别为顶部向下的第 5、6 节位叶片,主要是该节位叶片为单株完全发育、完全伸展叶片的最高位,通风透光良好。“先瑞 9 号”、“T9938”相同节位叶片的光合能力有所不同,主要是因为 2 个品种的生长特性有所不同造成的。“先瑞 9 号”、“T9938”光合能力最强叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度日变化呈单峰曲线,胞间  $\text{CO}_2$  浓度日变化均呈“√”形曲线,与徐惠风等<sup>[2]</sup>、邹璐等<sup>[11]</sup>、孔东等<sup>[13]</sup>的测试结果基本一致,而与张风华等<sup>[10]</sup>测试的光合速率日变化为双峰曲线不一致,主要是由于张风华等<sup>[10]</sup>在向日葵灌浆期测试,叶片的光合能力减弱的关系。不同节位叶片的蒸腾速率高于孔东等的测定值<sup>[13]</sup>,主要与测试前进行过灌溉、土壤供水能强及品种不同有关。

“先瑞 9 号”、“T9938”不同节位叶片的光合速率、蒸腾速率、气孔导度均为中上部叶片较高。其中“先瑞 9 号”的光合速率、气孔导度以第 5 节位叶片最高,“T9938”以第 6 节位叶片最高,“先瑞 9 号”的蒸腾速率以第 6 节位叶片最高,“T9938”以第 7 节位叶片最高;“先瑞 9 号”、“T9938”不同节位叶片的胞间  $\text{CO}_2$  浓度表现为先降低再升高,“先瑞 9 号”以第 5、6 节位叶片最低,



“T9938”以第 6 节位叶片最低。

“先瑞 9 号”、“T9938”光合能力最强叶片的第 5、6 节位叶片光合速率、蒸腾速率、气孔导度日变化均为单峰曲线,其中光合速率、气孔导度均在 11:00 时达到最高峰;蒸腾速率“先瑞 9 号”在 13:00 时达到最高峰,“T9938”在 14:00 时达到最高峰。“先瑞 9 号”、“T9938”第 5、6 节位叶片的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度日变化均呈“√”形曲线,均在 11:00 降低到最低值。

综上所述,向日葵初花期测定叶片光合能力时应选择顶部完全发育、完全伸展的最高节位的叶片,以 11:00 时测定较好。

### 参考文献

- [1] 崔良基,王德兴,宋殿秀,等.不同向日葵品种群体光合生理参数及产量比较[J].中国油料作物学报,2011,33(2):147-151
- [2] 徐惠风,金研铭,徐克章.向日葵不同节位叶片光合特性及其与产量关系的研究[J].吉林农业大学学报,2001,23(1):6-9
- [3] 崔良基,梁国战,王德兴.夏播条件下向日葵光合性能与杂交种产量的关系[J].中国油料作物学报,2002,3(24):48-50.
- [4] 柳延涛,李万云,陈寅初,等.新疆麦茬复播向日葵光合性能与产量

的研究[J].作物杂志,2012(2):89-92.

- [5] 谭万能,李秧秧.不同氮素形态对向日葵生长和光合功能的影响[J].西北植物学报,2005,25(6):1191-1194.
- [6] 寇伟锋,刘兆普,陈铭达,等.不同浓度海水对油菜幼苗光合作用和叶绿素荧光特性的影响[J].西北植物学报,2006,26(1):73-77.
- [7] 陈全战,张边江,周峰,等.钙对盐胁迫下油用向日葵幼苗光合生理特性的影响[J].华北农学报,2009,24(2):149-152.
- [8] 徐惠风,徐克章,刘兴土.向日葵光合特性及其对不同生态条件的响应[J].农村生态环境,2004,20(1):20-23.
- [9] 陈卫英,陈真勇,杨军.航天诱变向日葵突变株系盛花期的光合特性[J].西北农业学报,2012,21(8):139-145.
- [10] 张凤华,王者福,赖先齐,等.高产油菜光合特性的初步研究[J].中国油料作物学报,2000,22(1):57-60.
- [11] 邹璐,范秀华,孙兆军,等.盐碱地施用脱硫石膏对土壤养分及油菜光合特性的影响[J].应用与环境生物学报,2012,18(4):575-581.
- [12] 徐惠风,徐克章,刘兴土,等.向日葵花叶叶片蒸腾特性时空变化及其与环境因子的相关性研究[J].中国油料作物学报,2003,25(2):39-42,47.
- [13] 孔东,史海滨,李延林,等.不同盐分条件下油菜光合日变化特征研究[J].干旱地区农业研究,2005,23(1):111-115.

## Exploration and Research on the Strongest Photosynthetic Capacity and Diurnal Photosynthetic Dynamics Leaf of Sunflower

DU She-ni<sup>1,2</sup>, GENG Gui-jun<sup>3</sup>, ZHANG Rui<sup>4</sup>, BAI Gang-shuan<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100; 3. Zibo Dean Environment Monitoring Co., Ltd, Zibo, Shandong 255086; 4. Collage of Forestry, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract:** Taking two sunflower varieties of ‘Xianrui 9’, ‘T9938’ in early flowering stage as materials, using the Li-6400 portable photosynthesis system, from the top to the base of the plant, different nodes leaves photosynthesis been determined successively, and photosynthesis diurnal change of the strongest photosynthetic capacity leaf been determined soon after. The results showed that the highest photosynthetic rate and the highest stomatal conductance in different nodes leaves of ‘Xianrui 9’ were the 5th node, ‘T9938’ were the 6th node. The highest transpiration rate in different nodes leaves of ‘Xianrui 9’ was the 6th node, ‘T9938’ was the 7th node. The lowest intercellular CO<sub>2</sub> concentration in different nodes leaves of ‘Xianrui 9’ was the 5th and 6th node, ‘T9938’ was the 6th node. The highest photosynthetic rate, stomatal conductance of the strongest photosynthetic capacity leaf (the strongest photosynthetic capacity leaf of ‘Xianrui 9’ was the 5th node, ‘T9938’ was the 6th node) of two varieties were at 11:00, the lowest intercellular CO<sub>2</sub> concentration were at 11:00, the highest transpiration rate of ‘Xianrui 9’ was at 13:00, and ‘T9938’ was at 14:00. Selecting the top fully developed, fully extended leaf in the highest node, determining at 11:00, the determination data could represent the biggest photosynthetic capacity of sunflower leaf in early flowering stage.

**Key words:** sunflower; photosynthetic capacity; leaf; node