

四个大白菜品种光合日变化比较

杜社妮^{1,2}, 白岗栓^{1,2}

(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)

摘 要:以“金春 2 号”、“金夏 55”、“金夏 50”和“金秋 55”4 个大白菜品种为试材, 在大田栽培条件下, 用 LI-6400 便携式光合仪测定了光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)等生理因子以及光合有效辐射(PAR)、田间 CO₂ 浓度(Ca)、相对湿度(RH)、大气温度(Ta)等环境因子的日变化, 以期生产上大白菜的品种选择和栽培管理提供参考依据。结果表明: 除“金秋 55”的蒸腾速率日变化为“单峰”曲线外, 其它品种的光合速率、蒸腾速率、气孔导度日变化均呈“双峰”曲线, 存在着明显的“午休”现象; 不同品种的光合速率、蒸腾速率、气孔导度的峰值和低谷出现的时间及值不同; 相关分析表明, 光合速率与环境因子的相关性小于蒸腾速率与环境因子的相关性。

关键词:白菜; 环境因子; 光合速率; 蒸腾速率; 气孔导度

中图分类号:S 634 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0001-05

大白菜(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*)属十字花科芸薹属芸薹种大白菜亚种, 原产我国北方。大白菜不仅在我国普遍种植和食用, 而且在国外广泛分布, 在蔬菜作物中占有重要的地位。光合作用是作物产量构成的最主要因素, 研究作物光合特性不仅能探明其光合能力和生产潜力, 而且可根据其光合特性调节外界环境, 从而提高产量和品质。目前黄瓜、番茄、茄子等蔬菜作物的光合生理生态特性已相继报道^[1-4], 大白菜的研究多集中在施肥对其产量和品质影响及硝酸盐积累等方面^[5-9], 而对光合方面的研究很少^[10-12], 该研究选择生产上较为常见的 4 个大白菜品种, 通过对其光合特性的比较及与环境因子的相关分析, 为生产上大白菜的品种选择和栽培管理提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在陕北黄土丘陵沟壑区延安市安塞县中国科学院安塞水土保持综合试验站院内, 该站位于安塞县县城南端的墩滩, 北纬 36°21′、东经 108°10′, 年日照时数为 2 397.3 h, 日照百分率为 54%, 土壤为黄绵土。该地年均气温为 8.8℃, 7 月为 22.6℃, 1 月为 -6.9℃, 极端最高气温为 36.8℃, 极端最低气温为 -23.6℃, 平均

日较差为 13.9℃, ≥10℃的活动积温为 3 171.2℃, 年太阳辐射为 528.6 kJ/cm², 年降水量为 505.4 mm, 降水主要集中在 7、8、9 月, 无霜期 159 d。

1.2 试验材料

供试材料为 4 个结球白菜品种, 分别为“金春 2 号”、“金夏 50”、“金夏 55”和“金秋 55”, 由西北农林科技大学园艺学院柯桂兰研究员选育提供。试验小区面积 5 m×6 m, 每小区 5 行, 行距 60 cm, 株距 40 cm, 重复 5 次。于 2012 年 5 月 20 日播种, 人工起垄穴播, 播种深度 0.5~1.0 cm, 2012 年 5 月 28 日出苗。

1.3 项目测定

在白菜结球初期(2012 年 7 月 24 日晴天), 用美国 LI-Cor 公司生产的 LI-6400 便携式光合仪田间活体测定白菜叶片的光合速率(Pn, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、蒸腾速率(Tr, $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)、气孔导度(Gs, $\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)等生理因子以及大气温度(Ta, °C)、相对湿度(RH, %)、田间 CO₂ 浓度(Ca, $\mu\text{mol}/\text{mol}$)、光合有效辐射(PAR, $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)环境因子。测定时间为 7:00—17:00, 每隔 1 h 测定 1 次, 每次每品种均随机选取 5 株测定, 每株取第 3 叶环的第 2 个叶片的中部重复测定。

1.4 数据分析

试验数据用 SSR 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 大白菜生长的环境因子日变化规律

由图 1 可以看出, PAR、Ta、Ca 和 RH 的日变化规律均为“单峰”曲线。在 7:00—17:00 期间, PAR 7:00 左右最小为 474.43 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 12:00 左右 PAR 增加到最大值 1 943.83 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 随后降低;

第一作者简介:杜社妮(1966-), 女, 陕西杨凌人, 硕士, 副研究员, 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:2014-11-12

Ta 的变化与太阳有效辐射有很大的关系,随着有效辐射的增强温度迅速上升,7:00—10:00 温度上升的幅度大于10:00—14:00,到 14:00 达到最高温度 37.99℃,之后降低,Ta 的最高值比 PAR 的峰值推后 2 h;RH 的变化呈现规律性,7:00 左右最高为 79.41%,之后随着

PAR 和 Ta 的升高下降,到 16:00 达到最低值 28.01%,随后又回升。Ca 的变化范围为 345.30~217.90 $\mu\text{mol}/\text{mol}$,趋势与 RH 的变化趋势相似,随着外界太阳辐射的增强和温度的上升而降低,Ca 的最低值出现在 15:00,为 217.90 $\mu\text{mol}/\text{mol}$ 。

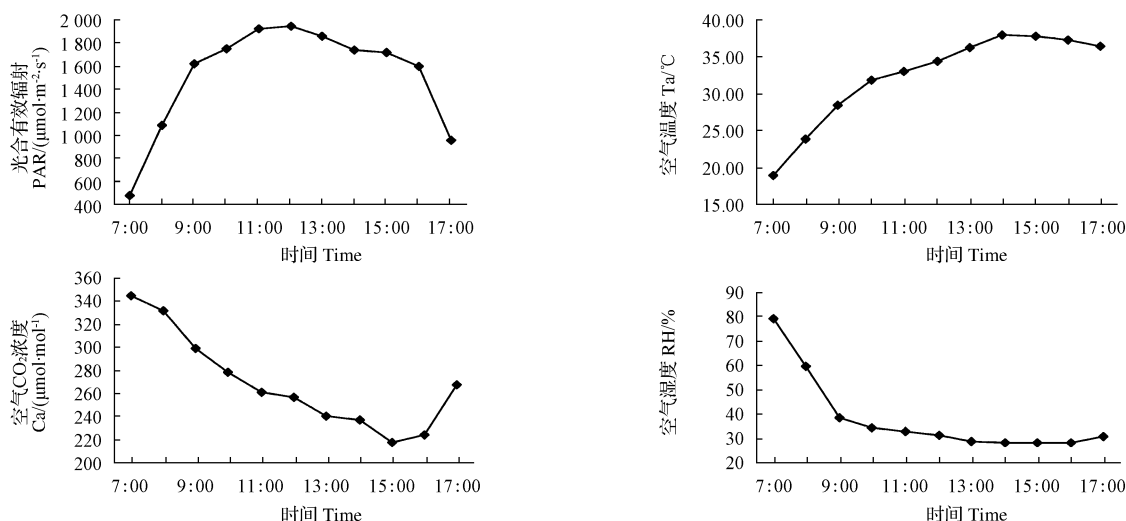


图1 试验田环境因子日变化

Fig.1 Daily variation of field environmental factor

2.2 大白菜不同品种的光合速率日变化

4 个白菜品种的光合速率日变化规律均为“双峰”曲线(图 2),峰值出现的时间不同,“金春 2 号”、“金夏 55”和“金夏 50”的第 1 个峰值出现在 9:00,而“金秋 55”的第 1 个峰值出现在 10:00,分别为 15.61、20.69、17.59、15.78 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;第 2 个峰值出现的时间各不相同,“金夏 50”出现在 15:00,“金夏 55”出现在 14:00,“金春 2 号”出现在 12:00,“金秋 55”出现在 13:00,分别为

13.15、17.04、16.20、15.56 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,除“金春 2 号”外其余 3 个品种的第 2 个峰值低于第 1 个峰值,其中“金夏 55”和“金夏 50”的第 2 个峰值比第 1 个峰值低 (3.01~3.89 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)。4 个白菜品种都有明显的光合“午休”现象,只是出现的时间不同,“金春 2 号”和“金夏 55”出现在 10:00,“金秋 55”出现在 12:00,“金夏 50”出现在 13:00,分别为 12.02、14.66、11.37、10.13 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从图 2 还可以看出,“金秋 55”

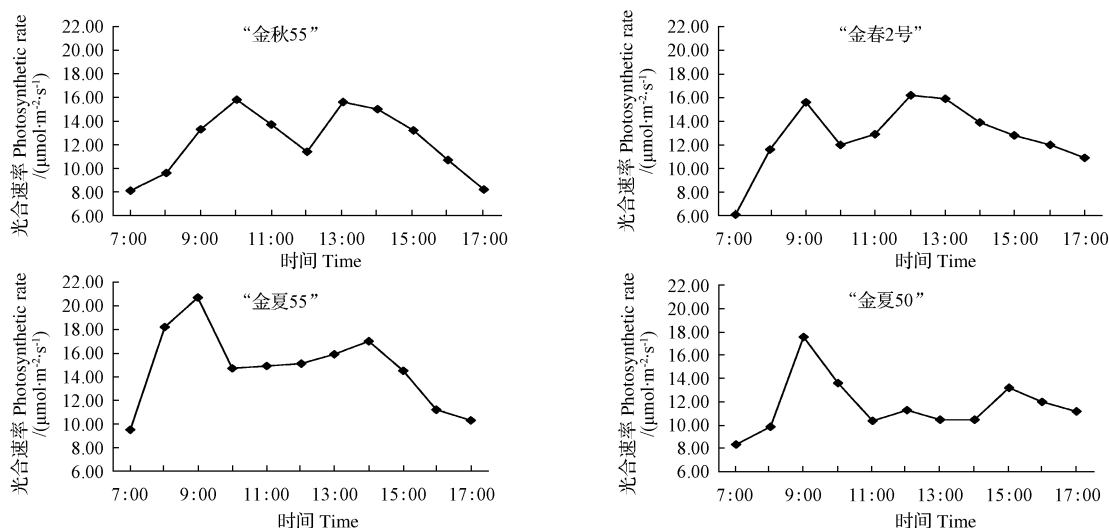


图2 不同白菜品种光合速率日变化

Fig.2 Daily variation of photosynthetic rate of different Chinese cabbage

和“金春 2 号”Pn 下降和回升的速度都较快,而“金夏 55”和“金夏 50”的下降速度大于回升的速率,但“金夏 55”和“金春 2 号”的光合“午休”出现的早,“金夏 50”光合午休出现的时间最晚。在全天当中,4 个白菜的平均光合速率从大到小的顺序为“金夏 55”(14.30 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > “金春 2 号”(12.72 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > “金夏 50”(12.08 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) > “金秋 55”(11.61 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。经分析“金夏 55”和“金秋 55”有显著性差异($P < 0.05$),其它品种之间无显著性差异。

2.3 不同品种蒸腾速率的日变化

图 3 表明,“金秋 55”的蒸腾速率日变化呈“单峰”曲

线,峰值出现在 13:00,为 9.01 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。“金春 2 号”、“金夏 55”、“金夏 50”的蒸腾速率日变化均呈“双峰”曲线,“金春 2 号”和“金夏 55”的第 1 个峰值出现在 12:00,“金夏 50”的第 1 个峰值出现在 13:00,分别为 7.86、7.53、8.55 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,”金春 2 号”、“金夏 50”的第 2 个峰值出现在 16:00,“金夏 55”出现在 14:00,分别为 8.16、8.44、9.01 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,而且第 2 个峰值大于第 1 个峰值。3 个品种蒸腾速率低谷出现的时间各不相同,“金春 2 号”出现在 14:00,“金夏 55”出现在 13:00,“金夏 50”出现在 15:00,分别为 6.54、6.84、7.84 $\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

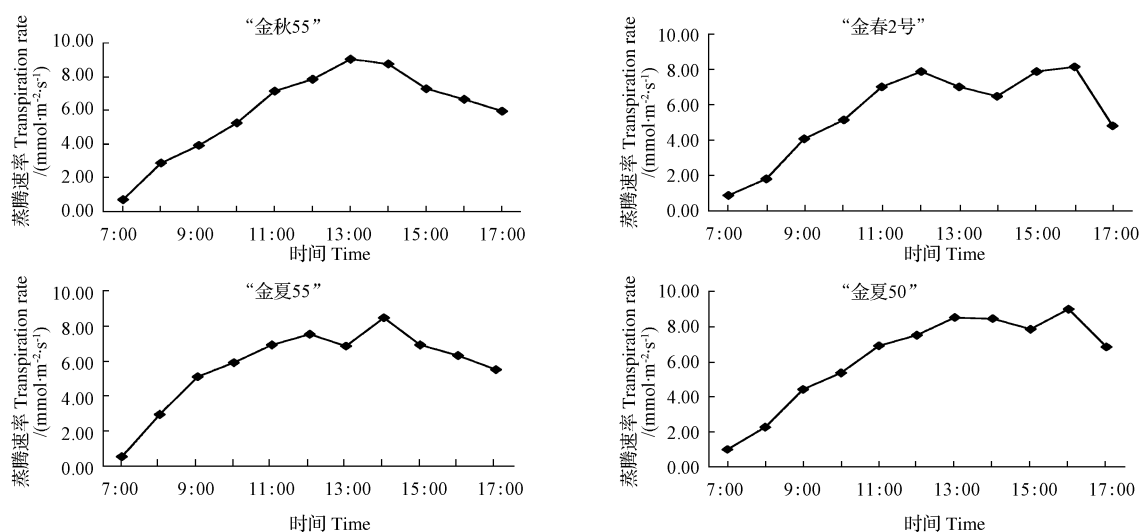


图 3 不同白菜品种蒸腾速率日变化

Fig. 3 Daily variation of transpiration rate of different Chinese cabbage

2.4 不同品种气孔导度的日变化规律

4 个大白菜品种气孔导度的日变化均呈“双峰”曲线

(图 4),“金秋 55”和“金春 2 号”的第 1 个峰值出现在 11:00,“金夏 55”和“金夏 50”的第 1 个峰值出现在 9:00,

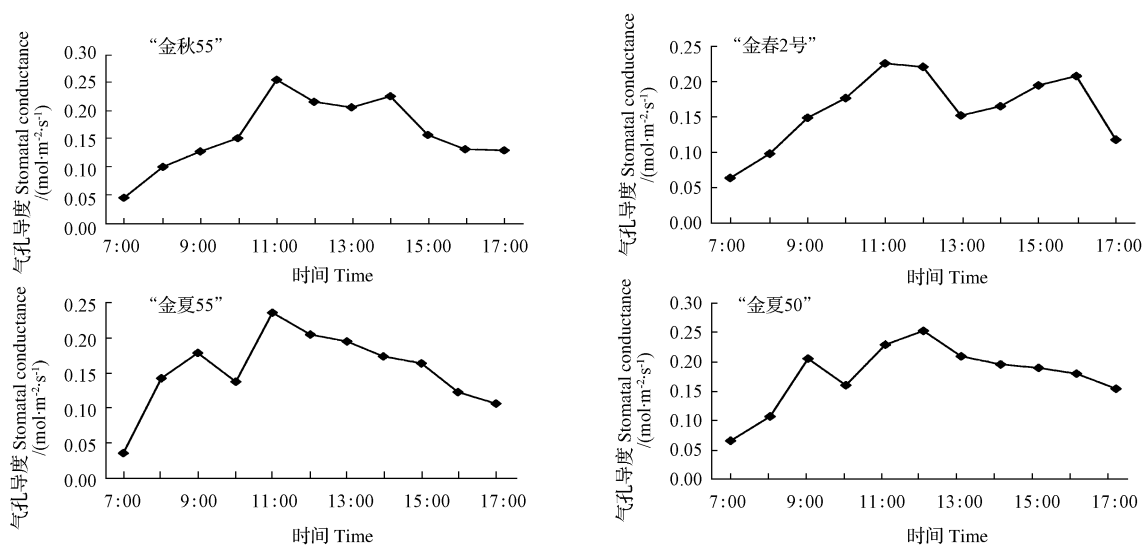


图 4 不同白菜品种气孔导度日变化

Fig. 4 Daily variation of stomatal conductance of different Chinese cabbage

分别为 0.25、0.23、0.18、0.21 mol · m⁻² · s⁻¹。第 2 个峰值出现的时间各不相同,“金秋 55”出现在 14:00,“金春 2 号”出现在 16:00,“金夏 55”出现在 11:00,“金夏 50”出现在 12:00,分别为 0.23、0.21、0.24、0.25 mol · m⁻² · s⁻¹,其中“金夏 55”和“金夏 50”的第 2 个峰值大于第 1 个峰值。“金夏 55”和“金夏 50”气孔导度低谷出现的时间早,在 10:00,“金秋 55”和“金春 2 号”气孔导度出现的时间晚,在 13:00。

2.5 白菜品种光合速率和蒸腾速率与其它因子的相关分析

表 1 的 Pn 和 Tr 与环境因子的相关分析表明,“金

表 1 4 个大白菜品种叶片光合速率和蒸腾速率与环境因子的相关系数

Table 1 Correlation coefficient of leaf photosynthetic rate and transpiration rate to environmental factor of four varieties of Chinese cabbage

品种 Variety	光合有效辐射 Photosynthetically active radiation	大气温度 Atmospheric temperature	大气相对湿度 Relative humidity of atomsphere	气孔导度 Stomatal conductance
光合速率 Photosynthetic rate	“金春 2 号”“Jinchun No. 2”	0.7459 *	0.6088	-0.6387
	“金秋 55”“Jinju No. 55”	0.7467 *	0.5409	-0.5657
	“金夏 55”“Jinxia No. 55”	0.6657	0.6046	-0.7147
	“金夏 50”“Jinxia No. 50”	0.5450	0.7864 *	-0.5979
蒸腾速率 Transpiration rate	“金春 2 号”“Jinchun No. 2”	0.7522 *	0.814 * *	-0.7994 *
	“金秋 55”“Jinju No. 55”	0.6757	0.9274 * *	-0.9319 * *
	“金夏 55”“Jinxia No. 55”	0.7972 *	0.8638 * *	-0.9151 * *
	“金夏 50”“Jinxia No. 50”	0.6788	0.9562 * *	-0.8582 * *

注: * 表示相关性达显著水平($P < 0.05$); ** 表示相关性达极显著水平($P < 0.01$)。

3 结论

4 个白菜品种的光合速率日变化均呈典型的“双峰”曲线,峰值出现的时间不同,第 1 个峰值出现在 9:00—10:00,4 个品种都有明显的光合“午休”现象。品种“金秋 55”和“金春 2 号”光合速率影响最显著的因子是 PAR,其次为 Gs、RH、Ta;“金夏 55”光合速率影响最显著的因子是 RH,其次为 PAR、Ta、Gs;“金夏 50”光合速率影响最显著的因子是 Ta,其次为 RH、Gs、PAR。“金秋 55”的蒸腾速率呈“单峰”曲线外,其它 3 个白菜品种的蒸腾速率均呈“双峰”曲线,且第 2 个峰值大于第 1 个峰值。光合有效辐射、外界温度、空气湿度和气孔导度对蒸腾速率的影响比光合速率大。对“金夏 55”和“金秋 55”影响最显著的因子是 RH,其次是 Ta、Gs、PAR,对“金夏 50”和“金春 2 号”影响最显著的因子是 Ta,其次为 RH、Gs、PAR。4 个白菜品种的气孔导度的日变化均为“双峰”曲线,“金夏 55”和“金夏 50”的变化趋势相似,第 2 个峰值大于第 1 个峰值,“金秋 55”和“金春 2 号”气孔导度的变化趋势相似,第 1 个峰值大于第 2 个峰值,这可能与白菜品种本身的特性有关系。

4 个白菜品种光合和蒸腾速率除了受外界环境因素影响外,还受该品种特性的制约。“金夏 50”属于低光合高蒸腾的品种,“金夏 55”属于高光合低蒸腾的品种。

参考文献

- [1] 艾希珍,张振贤,何启伟,等.日光温室主要生态因子变化规律及其对黄瓜光合作用的影响[J].应用与环境生物学报,2002,8(1):41-46.
- [2] 舒英杰,周玉丽.茄子嫁接苗与自根苗光合特性比较[J].西北植物学报,2005,25(9):1879-1883.
- [3] 杨国栋,周宝利,付亚文,等.茄子不同群体结构光合特性、干物质分配及其对产量的影响[J].园艺学报,2004(5):603-606.
- [4] 罗新兰,李天来,姚运生,等.日光温室气象要素及番茄单叶光合速率日变化模拟的研究[J].园艺学报,2004,31(5):607-612.
- [5] 曹兵,徐秋明,李亚星,等.不同控释肥品种对大白菜产量、氮素吸收和品质的影响[J].华北农学报,2006,21(3):41-45.
- [6] 陶正平.大白菜不同品种对硝酸盐积累差异的研究[J].园艺学报,2005,32(4):698-700.
- [7] 刘宏斌,李志宏,张维理,等.露地栽培条件下大白菜氮肥利用率与硝态氮淋溶损失研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(3):286-291.
- [8] 黄立华,杨靖民,周米平.氮磷钾肥配施对不同品种大白菜硝酸盐累积的影响[J].土壤通报,2006,37(6):1166-1170.
- [9] 丁华萍,陈斌,张和兰,等.氮钾肥施用量对秋季大白菜产量和品质的影响[J].土壤通报,2006,37(3):533-535.
- [10] 黄俊,郭世荣,吴震,等.6 个不结球白菜品种光合作用特性的研究[J].西北植物学报,2006,26(6):1183-1189.
- [11] 黄俊,郭世荣,吴震,等.弱光对不结球白菜光合特性与叶绿体超微结构的影响[J].应用生态学报,2007,18(2):352-358.
- [12] 艾希珍,张振贤,王绍辉,等.温度对大白菜结球初期叶片光合特性的影响[J].山东农业大学学报,1998,29(3):379-383.

不同蓝莓品种的叶片结构和气孔特性比较

谢兆森, 宋世鑫, 曹红梅

(河北科技师范学院 园艺科技学院, 河北 昌黎 066600)

摘 要:选取 3 年生“蓝丰”、“北陆”、“美登”蓝莓品种为试验材料,采用石蜡切片法和“指甲油法”观察了 3 个蓝莓品种叶片解剖结构和气孔特性。结果表明:3 个品种的叶片的角质层、表皮细胞、栅栏组织、海绵组织等组织厚度都存在着差异,其中“蓝丰”的角质层、表皮、栅栏组织、海绵组织厚度最大,“北陆”次之,“美登”最小;从叶片组织紧密度来看,“美登”的最大,“北陆”次之,“蓝丰”最小;栅栏比参数比较中,“北陆”最大,“美登”次之,“蓝丰”最小;从蓝莓叶片气孔特性来看,“蓝丰”气孔长度和宽度最大,“北陆”次之,“美登”最小,而气孔的密度呈现相反的结果。

关键词:蓝莓;叶片;结构;气孔

中图分类号:S 663.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)04-0005-04

蓝莓(Blueberry)属杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物,是一种经济价值高的新兴果树^[1-2]。蓝莓对气候适应性广,从我国北方的黑龙江到南方广东、广西等地都有种植,但不同的品种要求的气候条件也不同。叶片是植物重要的光合器官,是制造光合产物、气体交换和水分蒸腾的重要场所^[3-4]。叶片的结构决定了叶片的功能,叶片组织结构和气孔特性是衡量叶片功能特性的 2 项重要指标。叶片的结构除受其遗传

特性的影响以外,外界环境条件也影响其结构特征^[5]。蓝莓叶片对光照、水分等外界环境敏感,但不同的蓝莓品种对环境的要求存在一定的差异^[6]。因此在蓝莓种植上选择适宜当地气候条件的品种极为关键。

该试验通过研究蓝莓叶片结构和气孔特性,为生产中蓝莓品种的选择提供理论依据,也为进一步研究不同蓝莓品种生态适应性提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料采用 3 年生“蓝丰”、“北陆”、“美登”3 个蓝莓品种,试验在河北秦皇岛河北科技师范学院昌黎校区进行,采样时间为 2012 年 7 月,新梢顶端出现黑点后,采

第一作者简介:谢兆森(1979-),男,博士,副教授,现主要从果树生理等研究工作。E-mail: xiezhaosen@sina.com.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31101508);河北省自然科学基金资助项目(C2013407107)。

收稿日期:2014-11-12

Comparison of Four Chinese Cabbage on Daily Dynamics of Photosynthesis

DU She-ni^{1,2}, BAI Gang-shuan^{1,2}

(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, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Taking 4 Chinese cabbage varieties of ‘Jinchun No. 2’, ‘Jinxia No. 55’, ‘Jinxia No. 50’, ‘Jinqiu No. 55’ as materials, in field, the diurnal dynamics of photosynthetic rate (P_n), transpiration rate (T_r), and stomatal conductance (G_s), as well as those of photosynthetic active radiation (PAR), CO_2 concentration in field (C_a), relative humidity (RH) and air temperature (T_a) were measured using portable LI-6400 photosynthesis system. The results showed that, the curves of the diurnal variation in P_n , T_r and G_s of four Chinese cabbage varieties had two peaks except the curves of the diurnal variation in T_r of ‘Jinqiu No. 55’ had one peak, and an obvious midday depression; there were differences in the time and the value of the peaks in P_n , T_r and G_s of four Chinese cabbage; correlation analyses showed that the correlation between P_n and environment factors was less than the correlation between T_r and environment factors.

Keywords: Chinese cabbage; environment factors; photosynthesis rate; transpiration rate; stomata conductance