

大蒜群体光合特性及其与产量关系的研究

艾希珍 陈利平 张振贤* 马兴庄** 王 民 冯红军

(山东农业大学园艺学院, 泰安 271018)

摘 要: 对大蒜群体光合特性及其与产量的关系进行了研究。结果表明, 大蒜群体光合速率 (CPn) 随生育期先增后降, 蒜薹伸长期最高。CPn 日变化呈明显单峰曲线, 峰值在中午 12 时左右。大蒜群体光合作用饱和光强为 $1\ 760\ \mu\text{mol}\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$; 补偿点 $290\ \mu\text{mol}\ \text{m}^{-2}\ \text{s}^{-1}$; CO_2 饱和点和补偿点分别为 $1\ 883\ \mu\text{mol}\ \text{mol}^{-1}$ 和 $121\ \mu\text{mol}\ \text{mol}^{-1}$ 。在种植密度为 $22.5\sim 52.5$ 株/ m^2 , 叶面积指数 (LAI) 为 $1.39\sim 3.14$ 范围内, CPn 随种植密度和 LAI 的增加而增加。低密度下产量随种植密度的增加而逐渐增加, 超过 52.5 株/ m^2 时则减少, CPn 与大蒜产量成正相关。

关键词: 大蒜; 光合速率; 叶面积指数; 产量

中图分类号: Q 633.4; Q 945 文献标识码: A 文章编号: 0513-353X (2002) 01-0039-04

近几年来, 有关小麦^[1]、棉花^[2]等大田作物和白菜^[3]、生姜^[4]等蔬菜作物群体光合特性的研究已有报道, 但大蒜群体光合特性及种植密度与产量的关系尚缺乏全面系统的研究。本研究旨在探明大蒜适宜的群体结构、群体光合能力及其与环境因素的关系, 以期大蒜的高产栽培提供理论依据。

1 材料与方法

大蒜 (*Allium sativum* L.) 供试品种为‘嘉祥’大蒜。试验于 1999~2000 年在山东农业大学蔬菜站进行。9 月 20 日播种, 地膜覆盖, 常规管理。

试验设 22.5 、 30 、 37.5 、 45 、 52.5 、 60 株/ m^2 等 6 个种植密度, 每处理重复 3 次, 重复内小区随机排列, 小区面积 $15\ \text{m}^2$ 。从大蒜幼苗末期 (翌年 3 月 10 日) 至蒜薹收获后 (5 月 12 日) 用 LI-6200 型便携式光合仪测定其群体光合速率 (CPn), 每 20 d 测定 1 次, 每测定重复 3 次。测定时将同化箱分别套入不同密度的群体内, 用土培实同化箱与地面的接触处以防漏气, 盖上同化箱盖。同化箱的规格 (长×宽×高) 苗期 (3 月 30 日) 为 $40\ \text{cm}\times 25\ \text{cm}\times 30\ \text{cm}$; 蒜薹伸长期 (4 月 22 日) 为 $50\ \text{cm}\times 50\ \text{cm}\times 50\ \text{cm}$; 鳞茎膨大期 (5 月 12 日) 为 $60\ \text{cm}\times 60\ \text{cm}\times 60\ \text{cm}$ 。在蒜薹伸长期测定 52.5 株/ m^2 密度下的 CPn 及相关环境因子日变化, 并在上午 10:00~11:30 分别用不同层数的纱布, 白纸、塑料薄膜等对同化箱进行遮荫处理, 测定不同光强下 (大蒜群体中上层叶片光强) 的 CPn; 向密闭的同化箱内吹入 CO_2 , 用 LI-6200 型便携式光合仪 (密闭式气路) 测定不同 CO_2 浓度下的 CPn, CO_2 每下降 $50\sim 100\ \mu\text{mol}\ \text{mol}^{-1}$ 测 1 次。作图求出大蒜群体光合作用饱和光强和光补偿点及饱和 CO_2 浓度和补偿点。同时剪下与同化箱相同土地面积的叶片, 用 LI-3000 型便携式叶面积仪测定其叶面积, 计算不同群体的叶面积指数。6 月 2 日收获, 同时统计各小区产量。

2 结果与分析

2.1 大蒜 CPn 的生育期变化和日变化

2.1.1 生育期变化 大蒜春季返青后, 其 CPn 随生育期而增长, 至蒜薹伸长期达到最大, 蒜薹收获 (5 月上旬) 后降低。前期叶面积 (A) 和叶面积指数 (LAI) 较小, 因此单位土地面积上生产的同化物较少。A 和 LAI 随生育期而逐渐增大, CPn 也随之增长; 收获蒜薹后, 生长中心转向鳞茎, 叶片中

收稿日期: 2001-04-13; 修回日期: 2001-10-26

*现在单位: 中国农业大学园艺学院; **现在单位: 东营市胜大农业公司。

的营养逐渐转移到地下部，加上采收蒜薹时对叶片有所损伤，造成 CPn 下降。不同处理 CPn 的生育期变化趋势基本一致（表 1）。

2.1.2 日变化 蒜薹伸长期 CPn 及相关环境因子日变化见图 1。上午光量子通量密度（PFD）和气温（Ta）逐渐升高，空气相对湿度（RH）逐渐降低，12~14 时分别达到高峰和低谷。CPn 随 PFD 的升高而增加，12 时达到高峰，峰值为 CO₂13.72 μmol·m⁻²·s⁻¹，10~16 时 CPn 基本稳定，16 时以后 PFD 和 Ta 急剧降低，RH 有所回升，CPn 随 PFD 的降低而迅速减小。

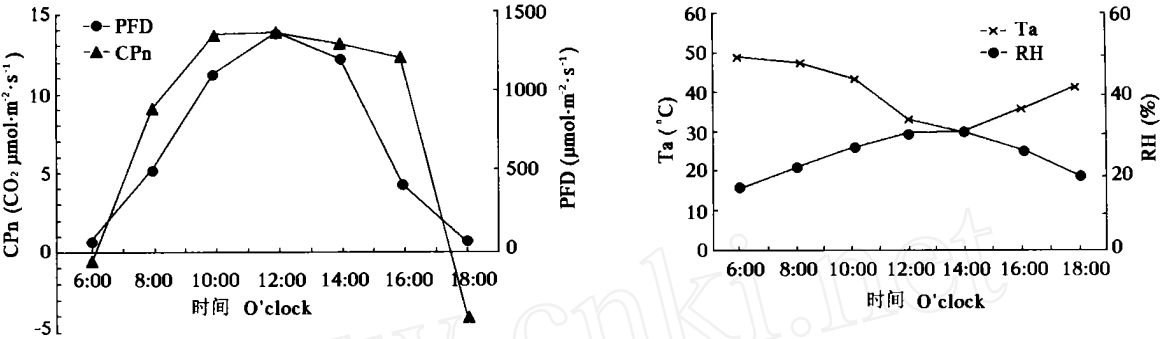


图 1 大蒜 CPn 及其相关环境因子日变化
Fig. 1 Diurnal variation of canopy photosynthetic rate of garlic and environmental factors

2.2 PFD 对大蒜 CPn 的影响

大蒜 CPn 对 PFD 的响应曲线如图 2 所示。PFD 在 100~1 400 μmol·m⁻²·s⁻¹ 范围内，大蒜 CPn 随 PFD 的增加而增加，尤其在 100~800 μmol·m⁻²·s⁻¹ 较弱光强下，CPn 随 PFD 增加几乎呈直线增加，超过 800 μmol·m⁻²·s⁻¹ 时，CPn 增加速度渐缓。实测最大 PFD 约为 1 600 μmol·m⁻²·s⁻¹，此时 CPn 仍有缓慢增加。实测数据经计算机模拟，所得的二次方程式 y = - 4 E - 0.6 x² + 0.0157 x - 3.2172 (R² = 0.9737)，从理论上求出大蒜群体饱和光强约为 1 960 μmol·m⁻²·s⁻¹，光补偿点约为 210 μmol·m⁻²·s⁻¹，远远高于其单叶光饱和点 (707~986 μmol·m⁻²·s⁻¹) [5,8]。

2.3 CO₂ 浓度对大蒜 CPn 的影响

图 3 为大蒜 CPn 对 CO₂ 浓度的响应曲线。在仪器所能监控浓度范围内 (80~1 600 μmol·mol⁻¹)，大蒜 CPn 随 CO₂ 浓度的增加而增加，未测出 CO₂ 饱和点。根据实测数据模拟出的二次方程式 y = - 1 E - 0.5 x² + 0.039 1 x - 5.146 3 (R² = 0.986 8)，饱和 CO₂ 浓度为 1 955 μmol·mol⁻¹，CO₂ 补偿点为 136 μmol·mol⁻¹。均高于单叶 CO₂ 饱和点 (1 411 μmol·mol⁻¹) 和补偿点 (50 μmol·mol⁻¹) [5]，说明较高的 CO₂ 浓度有利于群体光合速提高 [7]。

2.4 大蒜种植密度对 CPn 的影响

大蒜种植密度在 22.5~52.5 株·m⁻²，LAI 在 1.39~3.14 的范围内，单位土地面积上单位时间内的群体光合速率随种植密度和 LAI 的增加而增加。当种植密度增至 60 株·m⁻²，LAI 增至 4.0 时，CPn 稍有降低，说明当大蒜群体密度增加到一定大小时，生产碳水化合物能力不再随种植密度的增大而增大。

表 1 大蒜 CPn 生育期变化
Table 1 Variation of canopy photosynthetic rate of garlic at different growth stages (CO₂ μmol·m⁻²·s⁻¹)

种植密度 Plant density (Plants·m ⁻²)	时期 Stage (Month/Day)		
	03/30	04/22	05/12
22.5	3.76	6.45	5.65
30.0	4.36	7.51	7.11
37.5	4.91	10.90	8.03
45.0	5.09	12.37	8.95
52.5	5.73	13.63	8.83
60.0	6.74	12.70	8.65

注：测定时间 10:00~11:00。
Note: Time of measurement 10:00-11:00.

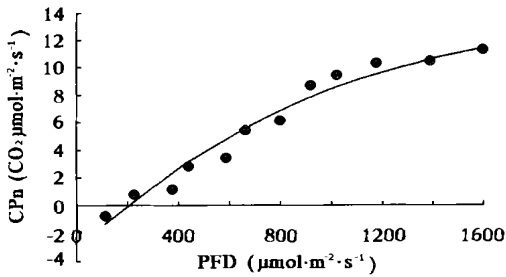


图2 光子通量密度 (PFD) 对大蒜群体光合速率 (CPn) 的影响

Fig. 2 Effect of light intensity on canopy photosynthetic rate of garlic

25.5 - 26.1 ; RH 47.9 % - 53.3 % ;

CO₂ 340 - 360 μmol mol⁻¹

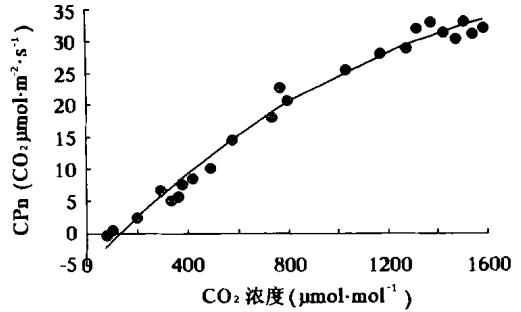


图3 CO₂ 浓度对大蒜群体光合速率 (CPn) 的影响

Fig. 3 Effect of CO₂ concentration on canopy photosynthetic rate of garlic

表2 种植密度对大蒜产量的影响

Table 2 Effect of plant density on the yield of garlic

种植密度 Plant density (Plants m ⁻²)	单株产量 Yield per plant (g)	小区产量 Yield (kg m ⁻²)
22.5	56.56	1.27 aA
30.0	58.07	1.74 bB
37.5	52.66	1.97 cC
45.0	48.58	2.19 dD
52.5	44.38	2.33 eE
60.0	33.91	2.03 cC

2.5 大蒜种植密度对产量的影响

群体密度对大蒜产量有很大影响。在 22.5 ~ 52.5 株 m^{-2} 范围内，大蒜群体产量随种植密度的增加而增加，而单株产量则随种植密度的增加而减小。当种植密度增加到 60 株 m^{-2} 时，群体产量和个体产量都有所降低。在 22.5 ~ 37.5 株 m^{-2} 低密度下，各处理产量差异显著，密度达到 37.5 株 m^{-2} 以上时差异减小 (表 2)。

3 讨论

群体光合作用是群体生产干物质能力的反映。群体的地上部，尤其是叶面积的大小反映了物质生产的源的大小，而群体光合能力又反映了源的物质合成强度，即库器官制造营养物质的能力。因此，群体光合能力基本上可以用来衡量大蒜群体产量形成的能力^[8]。本试验结果表明，在种植密度为 22.5 ~ 52.5 株 m^{-2} 范围内，大蒜 CPn 及群体产量均随种植密度的增加而增加，密度超过 60 株 m^{-2} 时，CPn 和群体产量都有所降低。表明不同群体的大蒜 CPn 与群体产量呈正相关。在中等肥力土壤上大蒜的种植密度以 45 ~ 52.5 株 m^{-2} 为宜。

大蒜 CPn 日变化为单峰曲线，但中午前后 (10 ~ 16 时) 比较平稳，本试验条件下 10 ~ 14 时的 PFD 高达 1 200 ~ 1 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，远远高于 10 时和 16 时，但 10 ~ 14 时的 CPn 与 10 时、16 时的差异不明显，这可能是因为中午 T_a 太高，RH 过低，限制了 CPn 的进一步提高。说明 T_a 和 RH 也是影响大蒜 CPn 的重要因子。

大蒜群体光合作用光补偿点和饱和光强大大高于单叶光补偿点和饱和点，田间条件下很难达到大蒜群体对光照强度的要求。这是因为大蒜群体是由许多个体组成，群体的叶片分布在不同的层次中，自然条件下，上部叶的光截获量较多，而中部和下部叶片由于相互遮荫所接受的光量较少，因此整个群体光补偿点和饱和光强较高。这与大白菜、生姜等的研究结果相同^[3,4,8]。

大蒜的群体光合作用前期随生育期和叶面积指数增大而增大，达到高峰后又减小。因此加强苗期管理，使其尽早形成强大的同化系统和良好的群体结构，并长时间维持叶片旺盛的生理功能，是提高大蒜产量的关键。

参考文献:

- 1 董树亭. 大田条件作物群体光合作用的研究及测定方法. 耕作与栽培, 1988, (3): 62~64
- 2 Haper, LA. Carbon dioxide and photosynthesis of field crops: A meter carbon dioxide release in cotton under field conditions. Agron. J., 1973, 65: 7~11
- 3 张振贤, 陈利平, 梁书华. 大白菜群体光合作用的研究. 西北农业学报, 1994, 3 (1): 39~42
- 4 赵德婉, 徐 坤, 张振贤, 等. 生姜群体光合特性的研究. 园艺学报, 1995, 22 (4): 359~362
- 5 张振贤, 周绪元, 陈利平. 主要蔬菜作物光合与蒸腾特性研究. 园艺学报, 1997, 24 (2): 155~160
- 6 郭洪芸, 樊治成. 土壤水分胁迫对大蒜光合特性的影响. 园艺学报, 1999, 26 (6): 404~405
- 7 张振贤, 陈利平, 刘连航. 几个环境因子影响下的大白菜群体光合速率. 植物生理学通讯, 1995, 31 (2): 105~107
- 8 于贤昌, 徐 坤, 艾希珍, 等. 生姜群体及其光合作用与产量形成关系的研究. 山东农业大学学报, 1996, 27 (1): 83~86

Canopy Photosynthetic Characteristics and Its Relationship to Yield in Garlic

Ai xizhen, Chen Liping, Zhang Zhenxian, Ma Xingzhuang, Wang Min, and Feng Hongjun

(Department of Horticulture, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018)

Abstract: The canopy photosynthetic characteristics of garlic was studied in this experiment. The result showed that there were obvious stage and diurnal changes of canopy photosynthetic rate (CPn) of garlic. CPn increased at first and decreased later with the growth stage advanced. Its peak was at bolting stage. The diurnal changes of CPn was a single-peak curve, and its peak value was at 12:00 A.M. CPn increased with LAI in the range from 1.39 to 3.14. The light saturation point and compensation point of canopy photosynthesis were about $1\,960\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ and $210\ \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, while the CO_2 saturation point and compensation point were $1\,955\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$ and $136\ \mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$. The CPn of garlic is positively related to the yield.

Key words: Garlic; Canopy photosynthetic rate; LAI; Yield

新书推荐

《中国蔬菜病虫原色图谱》(修订本)

吕佩珂

该修订书在原版的基础上,病害部分增加了202%,虫害部分增加了78.2%,内容更为充实,包括了全国各个不同地区的主要病虫害。可作为中国蔬菜病虫害大全。

定价:69元(含邮资)



《中国蔬菜病虫原色图谱续集》

吕佩珂



除增补原图谱各类蔬菜病虫害外,大幅度增加了各名特优蔬菜、稀有蔬菜、精细蔬菜、山野蔬菜、反季节栽培蔬菜,无土栽培蔬菜的病虫害和营养障碍的诊断和防治,介绍了无公害蔬菜病虫防治技术和近年蔬菜植保新成果。续集共收集我国110种蔬菜的病虫害958种,彩版104页,彩色图片832幅,病原墨线图及显微照片165幅,文字100万,与原图谱构成上、下册。

定价:89元(含邮资)

购书者请通过邮局汇款至北京中关村南大街12号中国农科院蔬菜花卉所《园艺学报》编辑部,邮编100081。