

# 环境因素与生姜需光特性关系研究

徐 坤, 郑国生\*, 王秀峰

(山东农业大学园艺学院, 泰安 271018)

**摘要:** 生姜光合作用的适宜光强与水分、温度及  $\text{CO}_2$  等环境因素密切相关。80% 的土壤相对含水量有利于生姜叶片利用较强的光照, 其光合作用的饱和光强达  $1206 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 水分胁迫可显著降低其对强光的适应性, 40% 土壤相对含水量时, 光合作用的饱和光强仅  $621 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ; 而在正常供水条件下, 以  $25 \sim 30 \text{C}$  的温度有利于生姜叶片对光能的利用; 生姜对强光的适应能力随空气  $\text{CO}_2$  浓度的升高而显著增强,  $\text{CO}_2$  达  $1200 \mu\text{L/L}$  时, 其光合作用的饱和光强达  $1206 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 但在  $220 \mu\text{L/L}$  时, 其光合作用的饱和光强仅  $608 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。由此可以认为生姜应是喜光耐荫作物而非喜荫怕光作物, 并据此尝试了以地面覆草取代传统插草栽培的可行性。

**关键词:** 生姜; 光合作用; 环境因素; 需光特性

## The relationship between environmental factors and light requirement of ginger

XU Kun, ZHENG Guo-Sheng, WANG Xiu-Feng (Department of Horticulture, Shandong Agricultural University, Tai'an, 271018, China)

**Abstract:** There was significant influence of environmental factors (soil water content, temperature and  $\text{CO}_2$  concentration etc.) on the light requirement of ginger. 80% soil water content was good for photosynthesis and water stress decreased the ability of adapting strong light in ginger. In the conditions of supplying water formally, the light utilization ratio was higher at  $25 \sim 30 \text{C}$ , in addition the ability of adapting strong light increased significantly with the rising of  $\text{CO}_2$  concentration. As the results ginger should be "light-loving and tolerant plant" not "ombrophobous". In view of the above, the experiment that mulching with straw was in stead of shading in ginger field.

**Key words:** ginger; photosynthesis; environmental factors; light requirement characteristics

文章编号: 1000-0933(2001)07-1091-04 中图分类号: Q948 文献标识码: A

生姜 (*Zingiber officinale* Rosc.) 起源于热带雨林地区, 长期以来, 人们一直认为生姜为喜荫怕光作物, 生产上也采取遮光栽培<sup>[1]</sup>。但笔者近年的研究<sup>[2,3]</sup>却发现生姜地面覆草栽培时, 其产量及光合速率没有降低, 而在遮光栽培条件下光合速率却有所下降, 这对生姜是喜荫怕光作物的观点提出了挑战。植物的光合速率除与植物种类有关外, 还受其生长状况、环境因素如温度、水分、气体及农艺措施的影响, 作物光合速率的高低与产量有一定相关关系。因此弄清作物对光的需求规律对于合理制定栽培技术措施, 促进作物生长及提高产量有重要意义。围绕这一问题, 笔者研究了多种环境因素对生姜光合-光响应特性的影响, 旨在弄清生姜的需光规律, 为改进生姜栽培措施提供理论依据。

### 1 材料与与方法

试验于 1997~1999 年在山东农业大学蔬菜试验站进行。供试品种为莱芜大姜。生姜播种于高 50cm、直径 35cm 的盆内, 每盆装风干土 15kg, 栽姜 1 株。生姜出苗后以称重法分别控制 80%、60%、40% 的土壤

基金项目: 山东省科技攻关项目 (991154203)

收稿日期: 2000-06-23; 修订日期: 2000-12-30

作者简介: 徐 坤 (1964—), 男, 山东省安丘市人, 博士、教授。主要从事蔬菜栽培生理与技术等方面的研究。

\* 通讯作者

相对含水量。生长 50d 后,生姜至三马杈时,转入利用空调、生物效应灯及 CO<sub>2</sub> 发生器等自制的可调温、调光、调 CO<sub>2</sub> 的人工气候箱内,分别进行不同温度(15 C、20 C、25 C、30 C、35 C)处理及不同 CO<sub>2</sub> 浓度(220μl/L、330μl/L、800μl/L、1200μl/L)处理。用英国产 ADC 光合仪测 P<sub>n</sub>-PFD 响应曲线,测定叶片叶位为主茎上数第 6 叶,每个处理重复测定 4~6 次,每次改变环境因素,均在测定前适应 30min。

大田生姜栽植密度为 55cm×20cm,分别设置地面覆草、田间插草遮光 50%与裸地 3 个处理,在田间随机排列,重复 3 次。其水肥管理均按常规方法进行<sup>[1]</sup>。生姜至三马杈时,用英国产 ADC 光合仪于晴天 9:00~10:00 测主茎上数第 6 功能叶的光合速率,每个处理重复测定 4~6 次。测定过程中,PFD 以遮光纱布的层数调节,根据不同 PFD 条件下测得的光合速率,绘制 P<sub>n</sub>-PFD 响应曲线。

根据低于 200μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 光下叶片的 P<sub>n</sub>-PFD 曲线计算表观量子效率(AQY)<sup>[4]</sup>,P<sub>n</sub> 为零时的 PFD 为光补偿点,求 P<sub>n</sub>-PFD 曲线方程的极大值得光饱和时的光合速率,对应的 PFD 为光饱和点。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤水分与生姜叶片 P<sub>n</sub>-PFD 的关系

图 1 显示,随土壤水分胁迫的加重,其 P<sub>n</sub>-PFD 曲线逐渐降低,通过计算机模拟运算,在 80%土壤水分条件下,生姜的饱和光强达 1206μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,最大光合速率为 14.8μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,而 60%、40%土壤水分条件下,其饱和光强分别为 886μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>和 621μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,同时其最达光合速率仅为 12.2μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>和 8.4μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。水分胁迫不仅使生姜叶片光合速率下降,对强光的适应能力降低,而且使其对光能的利用率下降,表观量子效率降低(表 1)。

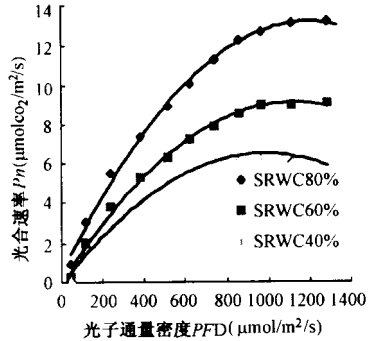


图 1 土壤水分对生姜叶片光合-光响应曲线的影响

Fig.1 Effects of soil water content on the response of P<sub>n</sub> to PFD in ginger leaves

表 1 环境因素对生姜叶片光合参数的影响

Table 1 Effects of environmental factors on parameter of photosynthesis in ginger leaves

处理 Treatments	表观量子效率 Apparent quantum yield	光饱和和光合速率 Light saturated P <sub>n</sub> (μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	光饱和点 Light saturation point (μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )	光补偿点 Light compensation point (μmol·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )
土壤含水量 Soil water content (%)				
80	0.0312 cC	14.8 cC	1206 cC	18 aA
60	0.0244 bB	12.2 bB	886 bB	29 bB
40	0.0184 aA	8.4 aA	621 aA	41 cC
温度(C) Temperature				
15	0.0242 aA	6.5 aA	987 aA	16 aA
20	0.0276 bA	8.4 bB	1087 bB	17 abA
25	0.0303 cC	12.8 dD	1261 cC	19 bA
30	0.0316 dC	13.2 dD	1314 dCD	20 bA
35	0.0239 aA	10.4 cC	1368 dD	24 cC
二氧化碳 CO <sub>2</sub> (μL/L)				
220	0.0268 aA	5.1 aA	608 aA	28 cC
330	0.0301 bB	12.6 bB	1161 bB	21 bA
800	0.0356 cC	24.2 cC	1352 cC	20 abA
1200	0.0388 dD	32.1 dD	1467 dD	19 aA
栽培措施 Cultural practices				
裸地 Naked field	0.0187 aA	9.6 aA	949 aA	29 cC
遮光 50% Shading 50%	0.0342 cC	13.1 bB	1032 bB	16 aA
覆草 Mulching	0.0281 bB	13.6 bB	1031 bB	18 bA

## 万方数据

### 2.2 温度对生姜叶片 P<sub>n</sub>-PFD 的影响

正常供水(SRWC 80%)条件下,生姜叶片在不同温度下的  $P_n$ - $PFD$  响应特性有很大差异。从图 2 可以看出,在  $PFD$  大于  $800\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  时,生姜的光合适温约在  $30\text{C}$  左右,而在较弱光照条件下,  $25\text{C}$  的温度更有利于光合作用的进行。无论强光还是弱光,过高的温度均不利于生姜对光能的利用,表现为表观量子效率和光饱和光合速率下降(表 1)。

在土壤水分胁迫条件下,生姜对温度的适应性下降,无论强光还是弱光,其光合作用的适宜温度约在  $25\text{C}$  左右(结果未列)。由此可见温度的高低也是影响生姜光强适应性的重要环境因素。

### 2.3 $\text{CO}_2$ 对生姜叶片 $P_n$ - $PFD$ 的影响

正常供水(SRWC 80%)条件下,温度维持在  $25.6\sim 28.8\text{C}$ ,调节人工气候室的  $\text{CO}_2$ ,测定在不同  $\text{CO}_2$  浓度下生姜叶片的  $P_n$ - $PFD$  曲线。结果发现,在相同光强下,随  $\text{CO}_2$  浓度增加,  $P_n$  显著增加(图 3)。而通过计算机模拟求得的不同  $\text{CO}_2$  浓度条件下,生姜叶片的饱和光强有极显著差异,  $1200, 800, 330$  和  $220\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$   $\text{CO}_2$  条件下的饱和光强分别为  $1467, 1352, 1161, 608\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。由此可见在较高  $\text{CO}_2$  浓度条件下,生姜可利用较强的光照,这与高  $\text{CO}_2$  浓度下生姜叶片表观量子效率增加有关(表 1)。

### 2.4 地面覆草对生姜叶片 $P_n$ - $PFD$ 的影响

地面覆草可显著改变姜田小气候。前文已报道<sup>[2]</sup>,覆草处理对气温无显著影响,但显著降低了  $5\text{cm}$  地温;一天中空气相对湿度在  $11:00$  时前差异很大,尽管覆草姜田的空气湿度略低于插草姜田,但却显著高于裸地对照;这与覆草能较好地保持土壤水分有关。由此可见,覆草改善了姜田小气候,从而有利于光合作用的进行。

通过在田间进行人工调节光强,测得地面覆草、田间插草与裸地的  $P_n$ - $PFD$  曲线见图 4。可以看出,在较低光强下,3 个处理的  $P_n$ - $PFD$  响应曲线差异较小,但随光照的增强,差异越来越大。当  $PFD$  大于

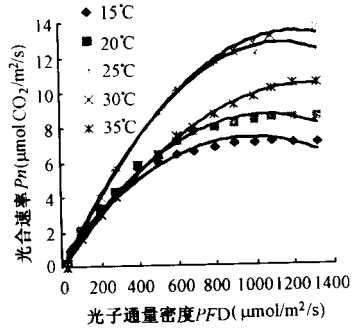


图 2 温度对生姜叶片光合-光响应特性  
Fig. 2 Effects of temperature on the response of  $P_n$  to  $PFD$  in ginger leaves

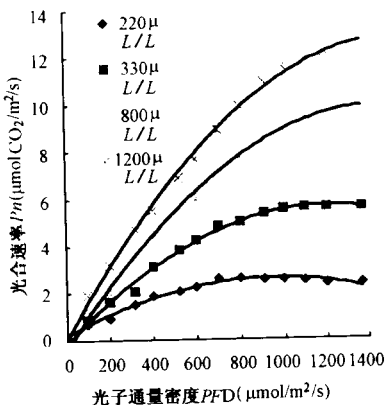


图 3 二氧化碳对生姜叶片光合-光响应特性的影响  
Fig. 3 Effects of  $\text{CO}_2$  on the response of  $P_n$  to  $PFD$  in ginger leaves

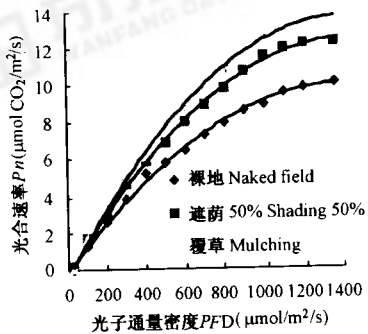


图 4 覆草对生姜叶片光合-光响应特性的影响  
Fig. 4 Effects of mulching on the response of  $P_n$  to  $PFD$  in ginger leaves

1000 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 左右时,覆草处理的  $P_n$ - $PFD$  曲线仍上升,而裸地、插草处理则近平缓,这主要是

由于插草遮光条件下的生姜叶片长期适应了弱光环境,而对强光照的适应性下降。裸地生姜尽管长期处在强光照条件下,但由于田间高温干旱等环境因素的胁迫加重,使其利用强光能力下降,表现为表观量子效率降低(表 1)。

### 3 讨论

以前的研究认为,生姜为喜荫性作物,不喜强光,其光饱和点为  $500\sim 600\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ [1]。但由于植物的光饱和点一方面受自身生育状况的制约,另一方面也受水分、温度、气体等其它环境因素的影响,过去的研究并未给出测定时的环境条件,再加上受仪器设备的限制,其测定结果有很大的局限性。本试验研究证明,生姜在正常供水条件下,其光饱和点可达  $1206\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ,而水分胁迫则使光饱和点显著降低;其次在正常供水条件下,温度过高过低,也使生姜对强光的适应性下降;即使水分温度正常,田间  $\text{CO}_2$  也显著影响生姜的需光特性。若再考虑环境因素之间的交互作用,则生姜需光规律的变化就更为复杂。此外,生产上传统的遮光栽培,使生姜叶片结构发生适应性变化,也降低其光饱和点[5,6]。可见,在环境因素适宜条件下,生姜可以利用较强光照。尽管在较强光照条件下,生姜叶片可发生光合作用的光抑制现象,但生姜象其它喜光作物一样,可通过非光辐射能量耗散、光呼吸以及活性氧清除系统等多种保护机制,防御强光对光合机构的破坏,维持较高的光合能力[7~12],其饱和光强已接近西瓜、番茄等强光照作物。另一方面,生姜在遮光条件下,其叶片叶绿素含量增加,表现出耐弱光的特性[5,6]。故而笔者认为,生姜不是以前认为的“喜荫怕光”作物,而应为“喜光耐荫”作物,这从某些气候温和地区不遮光栽植生姜而获高产这一事实可以得到佐证。

根据生姜可适应强光而在生产上又极易受水分胁迫这一事实,笔者进行了姜田地面覆草保水降温栽培试验。结果证明,覆草可显著减少土壤水分蒸发,降低地温。增加土壤水分含量,因而对强光的适应性增强,尽管其植株发生了某些适应性变化,但却有利于光合作用的进行和产量的提高[2,3]。从栽培的操作性来看,覆草可利用废弃的作物秸秆,操作方便,又勿需象插草一样再从田间拔除,一者降低了劳动强度,二者腐烂的作物秸秆增加了土壤有机质含量,三者不需任何投资,而插草遮光一般每公顷投入  $3000\sim 5000$  元,因而不论是从经济效益还是社会生态效益来看,生姜覆草栽培均具有良好的发展前景。

### 参考文献

- [1] 何启伟,赵德婉,苏德恕. 山东名产蔬菜. 济南:山东科学技术出版社,1990. 261~262.
- [2] 徐 坤. 地面覆草对姜田小气候及生姜生长与产量的影响. 中国蔬菜,1999,(2):15~17.
- [3] 徐 坤. 地面覆草对生姜叶片光合作用的影响. 中国蔬菜,2000,(2):18~20.
- [4] 许大全,徐宝基,沈允钢.  $\text{C}_3$  作物光合效率的日变化. 植物生理学报,1990,16(1):1~5.
- [5] 艾希珍. 苗期遮荫对生姜生理生化特性的影响. 西北农业学报,1998,7(2):109.
- [6] 王绍辉. 遮荫对生姜生理生化特性的影响. 西北农业学报,1999,8(2):77~79.
- [7] 赵世杰. 叶黄素循环和光呼吸对生姜光抑制破坏的防御作用. 西北农业学报,1999,8(3):81~85.
- [8] 徐 坤. 土壤水分胁迫条件下生姜叶片保护酶活性的变化. 园艺学报,2000,27(1):47~51.
- [9] 郭连旺. 高等植物光合机构避免强光破坏的保护机制. 植物生理学通讯,1996,32:1~8.
- [10] Demmig-Adams B, Adams III WW. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. Ann Rev Plant Physiol Plant Mol Biol., 1992, 43:599~626.
- [11] Gilmore AM. Mechanistic aspects of xanthophyll cycle-dependent photoprotection in higher plant chloroplasts and leaves. Physiol Plant, 1997, 99:197~209.
- [12] Demming-Adams B, Daniel L, et al. Positive correlation between levels of retained Zeaxanthin + Antheraxanthin and degree of photoinhibition in shade leaves of *Shefflera arboricola* (Hayata) Merrill. Planta., 1998, 205:367~374.