

日光温室不同季节的生态环境 对黄瓜光合作用的影响

张福墁 马国成

(北京农业大学农业工程系, 北京 100094)

摘 要 不同季节日光温室内的生态环境差异很大。与春季适宜黄瓜生育的生态环境相比较, 冬季日光温室光照时间短, 强度弱, 黄瓜净光合速率低, 为单峰曲线, 而春季则为双峰曲线。从功能叶片活体叶绿素 *a* 荧光诱导动力学曲线看出, 反映碳同化酶活性的 *M* 峰, 冬季比春季明显程度低, 但品种间有差异, 长春密刺的 *M* 峰最明显, 对弱光耐受力强, 生育表现也较健壮, 农大 14 居中, 津杂 2 号 *M* 峰几乎消失。不同季节日光温室内的温度环境。对黄瓜光合作用影响最大的是适温持续时间长。光照与温度比较, 对黄瓜光合作用影响更大是光环境, 试验结果还揭示出耐低温的黄瓜品种如农大 14 (*F*₁) 并不一定耐弱光。不同季节日光温室内 *CO*₂ 浓度以冬季变化激烈, 应进行气体施肥补充 *CO*₂。

关键词 日光温室 黄瓜 光合作用

目前, 节能型日光温室在我国北方发展极为迅速, 成为冬春喜温果菜生产的重要设施。黄瓜占日光温室果菜类栽培面积的 80%~90%, 因此研究其高产优质高效的栽培体系, 自然成为众多专家学者们关注的热点。我国北方日光温室黄瓜生产主要为秋冬茬和冬春茬, 这两茬的生态环境截然不同。秋冬茬日光温室的光照与温度, 是由比较充足逐步向低温寡照的逆境变化, 与黄瓜正常生育需要的光温环境正好相反, 因此出现许多问题, 难以获得丰产。但在冬季, 市场最需要黄瓜、效益也最高。而冬春茬日光温室的生态环境与秋冬茬相反, 光照温度由低向高变化, 与黄瓜生育要求一致, 因而容易获得优质丰产。这种由自然季节形成的日光温室内不同的生态环境, 对黄瓜生命活动至关重要的光合作用有什么影响? 是值得进行比较研究的重要问题, 也是建立高产优质高效栽培体系的理论基础。

1 试验设计

- 1.1 以春茬日光温室的生态环境为黄瓜正常生育的环境条件, 研究黄瓜的营养生长与生殖生长及光合作用特点, 以此为依据, 与冬茬黄瓜进行比较研究。
- 1.2 选用对光温环境敏感程度不同的长春密刺、农大 14、津杂 2 号 3 个品种进行比较。
- 1.3 为保证根系环境的一致性, 均采用盆栽 (基质栽培), 基质数量及营养液完全相同。秋冬茬试验于 1992 年 9 月中旬开始至 12 月下旬结束; 冬春茬试验于 1993 年 1 月中旬至 5 月下

旬结束。试验场地为本校日光温室。

2 观测项目

- 2.1 测定了 3 个黄瓜品种的叶片温度、气孔阻力与净光合速率、光补偿点 (L1-6000 光合仪测)。
- 2.2 3 个品种的黄瓜功能叶叶绿素 a 荧光诱导动力学测定 (中科院植物所光合室测)。
- 2.3 不同品种黄瓜的营养生长及生殖生长的常规观测。

3 试验结果

3.1 日光温室生态环境比较

3.1.1 光照强度 冬茬日光温室一日内(指揭苫后至盖苫前)的光照强度变化范围约在 27~600 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之间。最高光强出现在 10:00~13:00 之间约 3h 左右,而春茬一日内的光照强度变化范围为 135~1038 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 之间。最低光照强度相当于秋冬茬 14:00~15:00 的光强水平,约是冬季的 5 倍。若以冬季最高光强为基准,春茬自 8:00 开始至 16:00,8h 内均能达到冬季最高光强水平,持续时间为冬季的 2.67 倍。

3.1.2 温度 试验测定了黄瓜功能叶片的叶温。冬天叶温度变化范围在 15.4~29.7℃ 之间,高于 20℃ 的持续时间为 10:00~15:00,约 5h,高于 25℃ 的时间约 2h。春季日光温室内黄瓜叶温变化范围在 19.0~28.5℃ 之间(通风后最高温度往往低于冬季密闭环境),高于 20℃ 的持续时间为 8:00~16:00,约 8h,其中高于 25℃ 的时间有 5~6h,是冬季的 2.5~3 倍。

3.1.3 CO₂ 浓度 冬季日光温室内早 8:00 以前,CO₂ 浓度最高,约在 850×10⁻⁶~980×10⁻⁶ 左右。10:00 左右开始下降,至 13:00 降至最低约 185×10⁻⁶ 左右。到了 16:00 又开始回升(温室闭风所致),高于 330×10⁻⁶。春季日光温室内由于通风,CO₂ 浓度日变化比较平稳,约在 300×10⁻⁶~500×10⁻⁶ 之间,没有明显的峰或谷。

以上几点测试结果,均在图 1 中表示。

3.2 不同季节日光温室黄瓜的光合作用比较

试验着重比较了不同季节日光温室内 3 个黄瓜品种的净光合速率 (Pn),这由图 1 看出,总的趋势是 3 个黄瓜品种冬春茬的 Pn 值明显高于秋冬茬(表 1)。对不同季节 3 个品种的黄瓜光补偿点也进行了比较,如表 2 所示。

表 1 日光温室不同季节黄瓜净光合速率比较 * (单位: mgCO₂ · m⁻² · s⁻¹)

品 种	10 : 40		12 : 40		14 : 40		16 : 40	
	冬	春	冬	春	冬	春	冬	春
农大 14	0.7122	0.9778	0.5298	0.9034	0.2932	0.9419	0.0030	0.7271
长春密刺	0.5276	1.0370	0.4517	0.9445	0.2547	0.8078	0.0150	0.5947
津杂 2 号	0.5567	1.0280	0.4832	0.6022	0.2012	0.6501	0.0603	0.4287

* 测定时间: 冬季为 1992-11-04, 春季为 1993-04-09, 均为晴好天气。

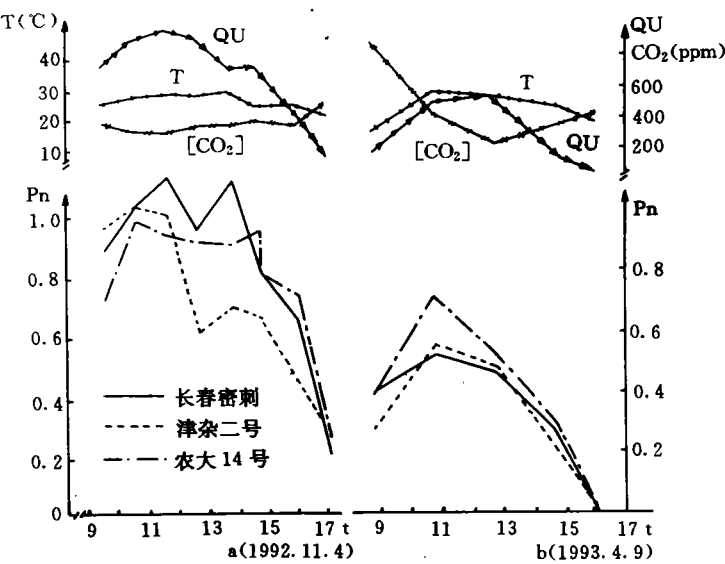


图 1 日光温室春茬 (a) 与秋冬茬 (b) 黄瓜净光合率日变化

QU: 光照强度 ($\mu\text{Em}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$); Pn 净光合速率 ($\text{mgCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)

表 2 日光温室黄瓜补偿点及秋冬茬植物学性状

品 种	光补偿点 ($\mu\text{Em}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)			叶数	最大叶面积 (cm^2)	生物学产量 (干重 mg)
	叶位	春茬	秋冬茬			
长春密刺	4	12				
	5	35	24	15.8	255.4	13714.2
农大 14	4	30				
	5	45	29	15.6	232.6	11753.8
津杂 2 号	3	70				
	4	100	29	11.4	59.5	2398.3

叶位: 表示从生长点向下数的叶片位置

3.3 不同品种黄瓜功能叶片叶绿素荧光诱导动力学比较

三个品种黄瓜叶片的叶绿素 a 荧光诱导动力学曲线如图 2 所示。图中 F_0 为固定荧光, 代表光系统 II 反应中心全部开放即原初电子受体 (QA) 全部氧化时的荧光。 F_m 代表光系统 II 反应中心原初电子受体全部还原时的荧光, 为最大荧光。 F_v 是 F_m 与 F_0 之差称为可变荧光。 F_v/F_0 反映了 PS_{II} 光化学反应中心的活性。曲线中第二波—M 峰与 CO_2 同化作用有关。外界环境条件对光合机构的影响, 可以通过荧光诱导曲线的变化灵敏地反映出来。三个品种间的比较如表 3 所示, F_v/F_m 代表叶片原初光能转化效率。

表 3 不同季节 3 个黄瓜品种功能叶片 F_v/F_m 比较

品 种	冬 季			春 季		
	F_m	F_v	F_v/F_m	F_m	F_v	F_v/F_m
长春密刺	65.1	45.7	0.703	28.6	22.7	0.796
农大 14	84.4	58.1	0.686	30.3	23.8	0.784
津杂 2 号	68.8	48.9	0.710	28.7	22.1	0.769

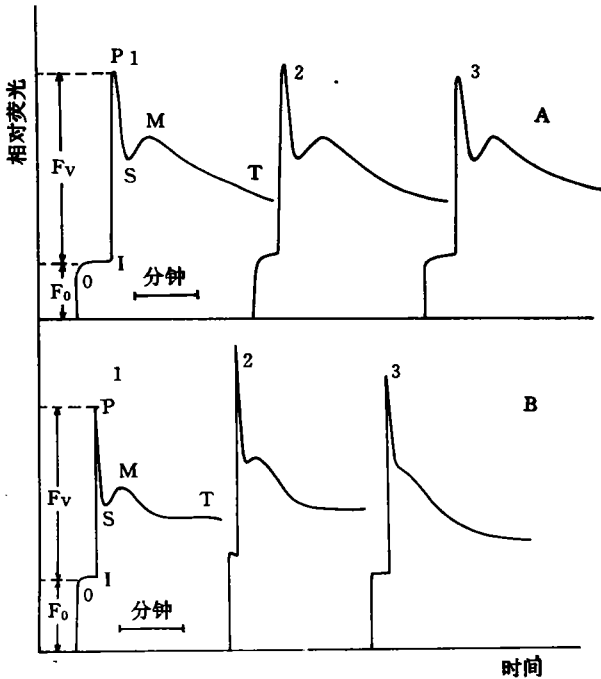


图2 不同季节黄瓜功能叶片
叶绿素a荧光诱导动力学曲线

A 表示春季 B 表示冬季

1. 长春密刺; 2. 农大14; 3. 津杂2号

季仅为 $0.0030 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$, 而春季则高达 $0.7271 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$, 比冬季的最高值还高, 其他两个品种也是如此。

4.1.2 光补偿点反映了植物对弱光的利用能力, 冬季日光温室内光照差, 3个品种黄瓜的光补偿点均低于春茬, 这是黄瓜自身对弱光环境的一种适应能力, 与前人的研究结果一致。其中长春密刺的光补偿点最低, 无论冬茬还是春茬均如此, 这反映该品种耐弱光能力比较强。津杂2号相反, 无论什么季节, 光补偿点均为最高, 反映其耐弱光能力较差。农大14的光补偿点春茬居中, 冬茬则与津杂2号相同, 说明其耐弱光能力也不如长春密刺。

4.1.3 黄瓜功能叶活体叶绿素a荧光诱导动力学曲线, 反映了光环境对黄瓜叶片光合机构的影响。表3所示3个品种的 F_v/F_m 的比值, 虽然在冬季有所下降, 但与春季比较差异不太显著, 说明3个品种的功能叶, 其叶绿素光系统Ⅱ反应中心的光化学活性差异不大。但从图2则看出, 无论冬季还是春季, 均以长春密刺的M峰最明显, 在冬季低温寡照的逆境中尤为突出, 而津杂2号的M峰, 冬季几乎消失, 农大14介于二者之间。有人用离体小麦叶片衰老过程中, 685nm光诱导荧光动力学曲线的变化证明, 当M峰消失时, F_v/F_0 与 F_v/F_m 的比值也迅速下降, 说明M峰反映了碳同化酶的活性强弱。本试验证明长春密刺的碳同化酶活性 $>$ 农大14 $>$ 津杂2号, 这与净光合率测定结果完全吻合, 再次证明不同黄瓜品种对光环境的适应能力有很大差异。因此培育耐弱光的优良品种, 是解决日光温室黄瓜高产高效的关键所在。

4.2 温度环境与黄瓜光和作用

据吉林农大徐克章等研究, 保护地内黄瓜光合作用适温范围为 $25 \sim 33^\circ\text{C}$, 以此衡量日光

测定结果表明, 3个品种 F_v/F_m 的比值, 冬季均比春季低, 但下降幅度不大, 其中以津杂2号下降最小。图2中显示3个品种的M峰冬季均比春季小, 其中津杂2号的M峰几乎完全消失。反映了不同黄瓜品种间碳同化酶的活性不同, 在低温寡照的冬季, 长春密刺碳同化酶的活性强, 其M峰最明显。

4 分析与讨论

4.1 光环境与黄瓜光合作用

4.1.1 日光温室以阳光为唯一热源与光源, 因而光照环境至关重要。春季日光温室内光照强度大、时间长, 最高光强持续时间为冬季的2.67倍, 所以净光合速率也高, 光合曲线为双峰曲线。冬季日光温室内则相反, 光照强度弱, 时间短, 净光合速率低呈单峰曲线。以农大14为例, 冬季最高 P_n 值为 $0.7122 \text{ mgCO}_2 \cdot \text{M}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$, 春季为 0.9778 ; 最低 P_n 值冬

温室内的温度环境看到,冬季晴好天气,白天黄瓜叶温很容易达到 25℃以上,超过 30℃也不困难;春季更是如此。但由于通风,其最高温度并不一定比冬季高,关键在于 25℃以上温度的持续时间,冬春季节大不相同。所以影响黄瓜光合作用能力的温度环境,除了应考虑是否达到适温范围外,更重要的应考虑适温持续时间的长短,它对黄瓜光合作用及产量形成的影响起决定性作用。

4.3 日光温室内 CO₂ 浓度与黄瓜光合作用

日光温室在冬季为保温起见,通风量小甚至不通风,因而室内 CO₂ 因黄瓜光合作用的吸收,其浓度变化剧烈。本试验测定最低浓度为 184×10^{-6} ,限制了光合作用的正常进行。因此冬季应该适当补充 CO₂,进行气体施肥十分必要。春季通风量逐渐加大,且换气及时,所以室内 CO₂ 浓度变化比较平稳,没有表现出 CO₂ 明显的亏缺。

4.4 品种特性对黄瓜光合作用的影响

三个品种比较,冬季以农大 14 的净光合速率最高,长春密刺次之,津研 2 号较低。但从耐弱光的能力比较,长春密刺最强,植株的生育状况也以长春密刺最为健壮。农大 14 的净光合效率虽然较高,而且很耐低温,但因其耐弱光能力不如长春密刺,所以生育状况也居中。津杂 2 号无论耐低温还是耐弱光的能力均不如上述品种,生育状况也最差。本试验还反映出,耐低温的黄瓜品种并不一定耐弱光,反之亦然。因此耐低温与耐弱光对黄瓜来说有否相关,尚待探讨。

参 考 文 献

- 1 王沙生,沈应柏. 活体叶绿素荧光诱导曲线的原理和应用. 植物生理学通讯, 1989 (1): 54~58
- 2 史跃林,宁述尧. 温度对黄瓜生理生育的影响. 中国蔬菜, 1992 (11)
- 3 浜岛直己等. 蔬菜生物生理学基础. 北京: 农业出版社, 1985
- 4 Smillie RM, Hetherington SE, He J et al. Photoinhibition at chilling temperature. Aust J Plant Physiol, 1988, 15: 207~222

Influence of Ecological Environment on Photosynthesis in Cucumbers in Solar-greenhouses during Different Seasons

Zhang Fuman

Ma Guocheng

(Department of Agricultural Engineering, Beijing Agricultural University)

Abstract The environment in solar-greenhouses varied much in different seasons. In spring, the internal environment was favourable to the growth of cucumbers, while in winter, the lighting period was shorter and the photo flux density was lower. Under winter conditions, the average net photosynthetic rate (P_n) showed a typical curve with one peak, in comparison with the double peaks under spring conditions. Cucumber functional leaves under different conditions were measured *in vivo* in order to evaluate the kinetics of 685 chlorophyll fluorescence induction. Results indicated that the M peak in the induction curve that reflected the activity of the assimilation enzyme was less clearer in winter than in spring. It was also found that among different cucumber varieties, the M peak of Changchunmici was the clearest, followed by Nongda 14, while that of Jinza 2 almost could not be seen. In solar-greenhouses, irradiance affected photosynthesis more than temperature, and the sustained period of suitable temperature contributed mostly to photosynthesis. According to the results, the cucumber varieties that were tolerant to low temperature like Nongda-14 might not necessarily tolerate to low irradiance. In winter, the CO_2 concentration in the solar-greenhouse during the day varied more violently than in spring, so it would be necessary to supplement CO_2 gas.

Key words: Solar-greenhouse; Cucumber; Photosynthesis