

利用弱光延长光照时间对温室烟苗光合作用与生长的影响

吴云平¹, 朱 信², 王 瑞³, 张光辉³, 李满良²

¹ 安徽中烟工业公司, 安徽省合肥市高新区黄山路 606 号, 230088;

² 湖北省烟草公司恩施州公司宣恩烟叶分公司, 湖北省宣恩县建设路 28 号 445500;

³ 湖北省烟草公司恩施州公司, 湖北省恩施市施州大道 119 号 445000

摘 要: 以烤烟 K326 为材料, 从第 6 片叶出现至成苗, 每天于日落后采用光强约为 $70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的人工光源照射烟苗 4 h, 研究利用弱光延长光照时间对温室烟苗光合作用与生长的影响。结果表明: 烟苗经过弱光延长光照时间处理后, 光饱和点(LSP)和最大净光合速率($P_{n\max}$)没有明显变化, 而光补偿点(LCP)明显下降, 在弱光下的 P_n 和表观量子效率(AQY)明显升高; 叶绿素 a、b 含量明显升高, 叶绿素 a/b 值明显下降。利用弱光延长光照时间可以提高烟苗的日光合总量, 增加烟苗光合生产能力, 并促进烟苗的全面生长, 提高烟苗的素质。

关键词: 烤烟; 光照时间; 光合作用

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2011.05.010

中图分类号: S572.043

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2011)05-0059-05

Effects of prolonged weak light duration on photosynthesis and growth of greenhouse tobacco seedlings

WU Yun-ping¹, ZHU Xin², WANG Rui³, ZHANG Guang-hui³, LI Man-liang²

¹ China Tobacco Anhui Industrial Corporation, Hefei 230001, China;

² Xuan'en Leaf Branch of Enshi Municipal Tobacco Company in Hubei Province, Xuan'en 445500, China;

³ Enshi Municipal Tobacco Company in Hubei Province, Enshi 445000, China

Abstract: Effects of prolonged weak light duration on photosynthesis and growth of greenhouse tobacco seedlings were studied to provide useful references for the improvement of tobacco seedling management. Tobacco seedlings of flue-cured tobacco K326 were irradiated by artificial light source with intensity of $70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ for 4 hours daily after sunset starting from 6 leaf stage to seedling establishment. Results showed no change for light saturation point (LSP) and maximum net photosynthetic rate ($P_{n\max}$) after prolonging light duration by using weak light. However, light compensation point (LCP) decreased, P_n under weak light and apparent quantum yield (AQY) increased. Content of chlorophyll a and chlorophyll b increased while the value of chlorophyll a/b decreased. Prolonging light duration by using weak light can enhance daily photosynthesis and photosynthetic production capacity, promote seedlings growth and hence improve quality.

Key words: flue-cured tobacco; light duration; photosynthesis

烟草(*Nicotiana tabacum* L.)是我国重要的经济作物之一。

作者简介: 吴云平, 农艺师, 研究方向为烟草生产栽培、质量检验与仓储养护, E-mail: wuyyp12345@hotmail.com

王瑞(通讯作者), 博士, 从事烟草栽培与生理生态研究,

E-mail: wangrui2999@126.com

基金项目: 安徽中烟工业公司科技重大专项“烟叶区域风格差异分析及上部烟研究”(20092009)

收稿日期: 2010-10-12

烟草苗期持续时间较长(一般在 60—70 d), 烟苗在生长过程中, 因环境和气候的变化往往要经历光照强度和光照时间不足的情况, 从而导致其生长发育不良、素质较差^[1-2]。恩施州地处鄂西南山区, 是湖北省最大的烤烟产区, 也是全国重点烤烟产区之一。每年 4 月上旬至 5 月上旬是烟苗生长发育的关键时期, 时常出现阴雨寡照的天气状况, 从而导致烟苗素质下降。随着现代烟草农业的发展, 大棚和日光温室育

苗已成为现代烟草育苗的主要方式,这为通过人工补充光照提高烟苗素质提供了条件。

人工补光方式改善光环境,促进植物生长发育,提高作物产、质量的研究在针叶树幼苗、蔬菜上开展了很多^[3-4]。温室内补光方式一般有增加光强^[5]、延长光照时间^[6]和补充不同光谱成分的光^[7]。Tinus 和 Mcdonald 建议在日落和日出前补光 4-8 h^[8],龙作义等^[6]研究表明延长光周期极显著促进了红皮云杉苗木的生长,且光照时间以全夜间补光最好。补光在烟草上研究较少,杨春雷等^[9]曾研究了在苗期人工辅助光照对白肋烟生长发育的影响,但对补光育苗的机理以及烟苗生理、生化特性的改变涉及较少。本文探讨了利用弱光延长光照时间对温室烟苗光合作用与生长的影响,为进一步完善烟草温室(大棚)育苗管理措施提供有益参考。

1 材料与方法

1.1 材料处理

1.1.1 试验材料

试验于 2009 年在湖北省宣恩县椒园镇(29°54'N, 109°21'E, 海拔 890 m)烟草育苗日光温室内进行,日光温室门、窗等通风处加设了小孔度的防虫网,由于没有强制通风设施,晴天中午通风降温的效果较差。该试验点在 4 月下旬至 5 月下旬期间,一般于 6:30 日出, 19:30 日落,日照时数约为 13 h。

供试品种为烤烟 K326,采用漂浮育苗技术。于 3 月 5 日播种,3 月 18 日出苗,大十字期(4 月 2 日)进行第 1 次间苗,在第 6 片叶出现时(4 月 10 日)进行第 2 次间苗。

净光合速率(P_n)、光通量密度(PFD)、环境温度的测定采用美国 Li-Cor 公司生产的 LI-6400 便携式光合测定系统。

1.1.2 试验设置

于第 2 次间苗后开始进行试验处理:以试验地自然光照时间为对照,设置利用弱光延长 4 h 光照时间处理。具体措施为每天在日落后(晴天在 19:30,阴天时间提前)打开置于烟苗上方 50 cm 的一组普通日光灯,照射 4 h。测定其到达烟苗叶片的光通量密度(PFD)约为 $70 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,这对于喜光的烟草来说属于生理上的弱光。在加人工光源期间,对不加光源处理的烟苗同时用黑网完全遮光,当日处理结束后将黑网撤去。整个试验处理时间从第 6 片叶出现至成苗,时间为 30 d(4 月 10 日-5 月 10 日)。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 净光合速率(P_n)日变化的测定

在试验处理接近结束时(5 月 15 日左右),寻找全天基本晴朗无云和全天基本为阴的天气,进行 P_n 日变化的测定。从 7:30 到 23:30,每 2 h 测定 1 次,完全采用自然条件。同步可测出温室内各时间点光通量密度(PFD)和温度。每处理选择有代表性的烟苗 3 株,选择第 6 片叶,标记叶面上测定位置,每株测定 2 次,取其平均值。前后两次的测定顺序相反,以消除在测定时间上的误差。叶片的日光合总量($\sum P_n$)通过对 P_n 日变化曲线积分获得,可由以下公式^[10]计算:

$$\sum P_n = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} (P_i + P_{i+1})t$$

式中 P_i 为第 i 次实测的净光合速率, P_{i+1} 为第 $i+1$ 次实测的净光合速率, n 为测定次数, t 为间隔时间。

1.2.2 光合特性的测定

在试验处理结束后,进行净光合速率(P_n)—光通量密度(PFD)光响应曲线的测定。使用 6400-2B 型内置红蓝光源,光照强度梯度设置为 1400、1300、1200、1000、800、500、200、100、75、50、40、30、20、10、0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,人工控制 CO_2 浓度 400 $\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$ (相当于当时棚内 CO_2 浓度),28℃。以 PFD 为横坐标, P_n 为纵坐标,制作 P_n — PFD 响应曲线,获得最大净光合速率($P_{n\text{max}}$)和光饱和点(LSP)。并用光强低于 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的数据直线回归求得响应曲线的初始斜率即表观量子效率(AQY)和光补偿点(LCP)。同步用直径 1 cm 打孔器取鲜叶,用 80% 丙酮研磨提取,以 UV-754 型分光光度计(上海亚研电子科技有限公司)测定 663 和 646 nm 处的 OD 值,然后计算单位面积叶绿素 a、b 含量。

1.2.3 生长指标的测定

叶数、苗高、茎围、最大叶长×宽按烟草农艺性状调查标准方法(YC/T42-1998)测定;根体积采用排水法测定;各部位干物质重通过分别剪取根、茎、叶,于 105℃ 杀青 20 min,60℃ 烘干后称量而得;壮苗指数按照公式[(茎围/株高+根冠干重比)×总干重×100]计算。

2 结果与分析

2.1 烟草育苗日光温室内温度和光通量密度(PFD)日变化

了解烟草日光温室内温度和 PFD 日变化动态有助于分析烟苗光合作用对环境的响应。如图 1 所示,

在晴天,温室内温度和 PFD 日变化均呈单峰曲线,温度在 13:30 达到一天中最高 34.5°C ,从 11:30—17:30 均在 30°C 以上; PFD 从 7:30 开始迅速升高,在 11:30 和 13:30 达到一天中最高 ($1100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右),之后迅速下降,到 19:30 以后逐渐降为 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在阴天,温室内温度和 PFD 日变化也呈单峰曲线,其变化幅度相对比较平稳。温度在 13:30 达到一天中最高 27°C ; PFD 在 11:30 和 13:30 达到一天中最高 ($300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),不到 19:30 已降为 $0 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

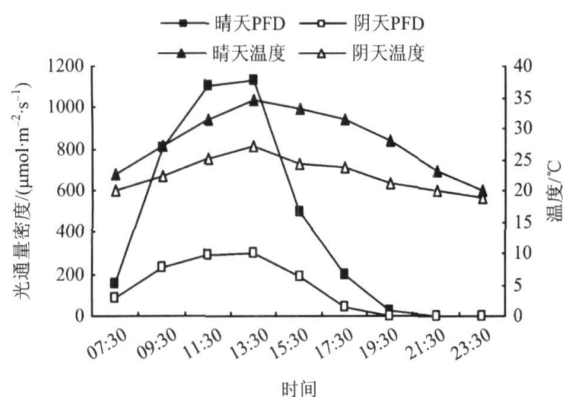


图1 日光温室内 PFD 和温度的日变化

2.2 净光合速率 (P_n) 日变化进程

如图2所示,在晴天,两处理烟苗 P_n 日变化均为单峰曲线,在 9:30 达到峰值。在 9:30—13:30,随着室内光强和温度继续升高 P_n 表现出明显的下降趋势,表明在晴天中午温室烟苗会产生光合抑制现象。比较两处理在各时间点 P_n 可以看出,在较高光强下,对照与延长 4 h 处理 P_n 之间没有显著差异;而在较低光强下,对照显著低于延长 4 h 处理,表明利用弱光延长光照时间可以提高烟苗利用弱光的能力。在阴天,两处理烟苗 P_n 日变化也为单峰曲线,在 11:30—13:30 达到峰值。由于外界光强较低,延长 4 h 处理在各时间点的 P_n 均显著高于对照。从图2还可以看出,当外界光强很弱时(低于光补偿点),对照 P_n 变为负值,表现为净呼吸速率,以呼吸代谢为主,且表现出随温度降低而减弱的趋势。而利用弱光照射的烟苗 P_n 为一个较低正值,表明烟苗仍然进行微弱的光合作用。

从图3可以看出,无论在晴天还是在阴天,延长 4 h 处理的日光合总量 ($\sum P_n$) 均显著高于对照,表明利用弱光延长光照时间可以提高烟苗光合生产能力。在晴天,延长 4 h 处理 $\sum P_n$ 比对照高出 7.3%,而在阴天,延长 4 h 处理 $\sum P_n$ 比对照高出 48.7%,明显要大

于晴天。由此可以表明,在阴天利用弱光延长光照时间对提高烟苗光合生产能力的作用明显大于晴天。

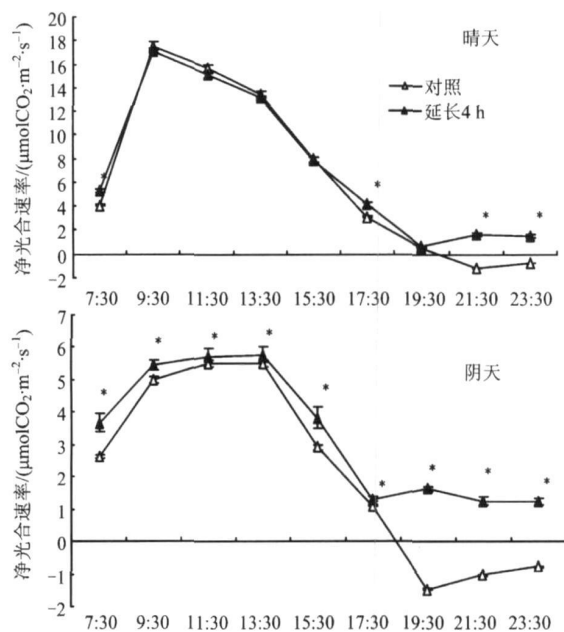


图2 利用弱光延长光照时间对 P_n 日变化的影响

注: * 表示处理间差异达到 5% 的显著水平

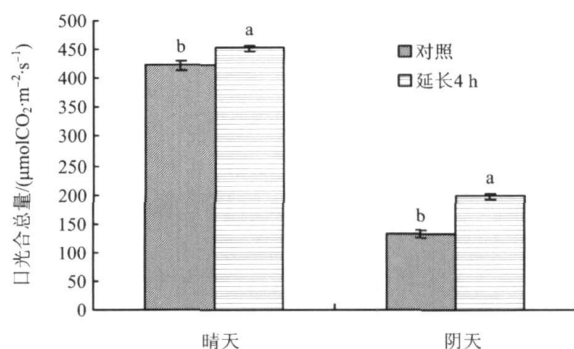


图3 利用弱光延长光照时间对日光合总量的影响

注: 所标不同小写字母表示处理间差异达到 5% 显著水平。

2.3 光合生理特性的变化

如图4所示,对照和延长 4 h 处理 P_n — PFD 响应曲线呈抛物线型,拟合方程分别为 $y = 0.000015x^2 + 0.0394x - 1.3042$, $R^2 = 0.9955$ 和 $y = 0.000015x^2 + 0.0382x - 0.6564$, $R^2 = 0.9920$ 。 P_n 均随着光照强度的增加而增加,在达到光饱和点后表现出下降趋势。在低光强下 ($< 200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$),对照和延长 4 h 处理 P_n 均随着光照强度的增加而呈直线上升趋势,拟合方程分别为 $y = 0.0319x - 0.9626$, $R^2 = 0.9865$ 和 $y =$

$0.0397x - 0.7501, R^2 = 0.9860$ 。在较高光强下,对照 P_n 和延长 4 h 处理之间没有明显差异,而在较低光强下,对照 P_n 明显低于延长 4h 处理。从表 1 可以看出,对照与延长 4 h 处理烟苗光饱和点 (LSP) 均在 $1300 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右,两者之间没有显著差异。两者之间最大净光合速率 $P_{n\text{max}}$ 也没有显著差异。延长 4 h 处理光补偿点(LCP)显著低于对照。进一步表明利用弱光延长光照时间可以提高烟苗利用弱光的能力,对光照条件的适应性增强。同时延长 4 h 处理的表观量子效率(AQY)要显著高于对照,表明其对光能的转化能力有所增加。从表 1 还可以看出,与对照相比,延长 4 h 处理的烟苗叶绿素 a、b 以及叶绿素总量显著增加。由于叶绿素 b 增加的幅度更大,叶绿素 a/b 要显著低于对照,有利于烟苗在弱光下吸收更多的光能。

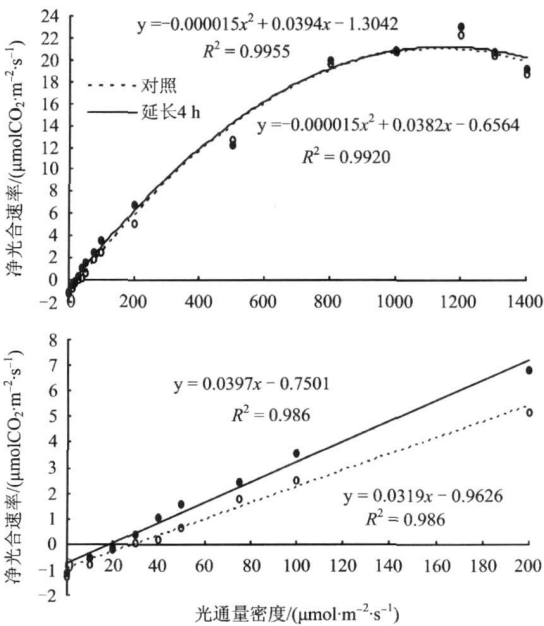


图 4 利用弱光延长光照时间对 P_n — PFD 响应曲线的影响

表 1 利用弱光延长光照时间对光合生理特性的影响

处理	光饱和点/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大光合速率/ ($\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	光补偿点/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	表观量子效率	叶绿素 a/ ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)	叶绿素 b/ ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$)	叶绿素 a/b
对照	1313.33 a	24.56 a	30.14 a	0.0319 b	52.93 b	19.70 b	2.69 a
延长 4 h	1273.33 a	23.66 a	18.90 b	0.0397 a	56.93 a	22.67 a	2.51 b

注:所标不同小写字母表示处理间差异达到 5% 显著水平。

2.4 对烟苗生长的影响

从表 3 可以看出,与对照相比,延长 4 h 处理的烟苗叶数显著增加,叶面积明显增大,茎高、茎围、根体积、各部位干物质重以及壮苗指数均得到显著增加,由

此看来,利用弱光延长光照时间可以促进烟苗全面生长,培育健壮的烟苗。同时延长 4 h 处理有利于烟苗生物产量更多的向根部分配,根冠比也显著高于对照,培养了发达的根系正是烟苗健壮的重要标志之一^[11]。

表 2 利用弱光延长光照时间对烟苗生长的影响

处理	叶数 /片	最大叶 面积/ cm^2	苗高/ cm	茎围/ cm	根体积/ cm^3	叶干重/ g	茎干重/ g	根干重/ g	根冠 比	壮苗 指数
延长 4h	8.5 a	134.62 a	9.51 a	1.61 a	1.32 a	0.53 a	0.27 a	0.17 a	0.22 a	37.47 a
对照	7.8 a	100.71 b	8.70 b	1.38 b	1.10 b	0.43 b	0.20 b	0.11 b	0.18 a	24.68 b

注:所标不同小写字母表示处理间差异达到 5% 显著水平。

3 讨论

栾征等^[12]研究了利用光强为 $50-100 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的人工光源延长光照时间对茶苗光合特性的影响,结果表明,在不低于 10°C 温度下延长光照时间可以提高茶苗最大净光合速率和表观量子效率,而光补偿点和光饱和点没有明显变化。这与本研究的结果不尽一致,本研究认为,利用弱光延长光照时间处理的光饱和

点和最大净光合速率并没有明显变化,但会显著降低烟苗的光补偿点,提高弱光下的光合速率和表观量子效率。结果的不一致可能与不同植物间的生物学特性差异有关:茶树具有喜荫喜漫射光等生物学特性^[13],而烟草是一种喜光植物,只有在充足的光照条件下才有利于进行光合作用^[14]。植物具有很强的光适应性,改变光照条件后其光合特性将发生改变^[15]。虽然本试验处理与其它遮荫造成的弱光处理不一样,烟苗并

未处于光照劣势,但一天中烟苗多出 4 h 处于弱光环境下,可能逐渐对弱光环境产生了适应性,激活了其对于弱光的吸收和转化效率,从而表现出对弱光的利用能力增强特性。从叶绿素 a、b 含量的升高以及叶绿素 a/b 值的降低也可以反映出烟苗这一生理特性的变化^[16-17]。

叶片光合作用日变化过程是分析环境因素影响植物生长和代谢的重要手段^[18],同时也反映出一天中植物进行物质积累与生理代谢的持续能力^[19-20]。有研究认为,在晴天中午高温强光的天气下,植物叶片会产生光合抑制现象,从而导致 P_n 的下降,光合产物的积累减少^[21-22]。从本研究来看,两种处理的烟苗在中午时段(11:30—13:30) P_n 明显下降,表现出了光合抑制现象。分析当时日光温室内的光强可以看出,在 11:30—13:30 光强不到 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,并未达到光饱和点,但 P_n 为什么会表现出明显的下降趋势? 分析当时环境温度可以看出,在 11:30—13:30 环境温度已超过 30°C ,高温会促进强光抑制程度。由此我们可以判断育苗温室内中午时段(11:30—13:30) P_n 下降的主要原因应该是环境温度过高而造成的。不难推测,如果在晴天中午时段采取措施降低日光温室内的温度,烟苗不会表现出光合抑制现象,光合生产能力将会得到显著提高。

作物干物质的累积过程,实际上是作物累积光合量的转化形式^[11]。采用日光合总量的概念能更清晰、全面的反映作物光合生产的能力。从本研究来看,利用弱光延长光照时间是通过以下两方面来提高烟苗日光合总量:一是通过改变烟苗光合特性而提高白天日光合总量(譬如在阴天),另一方面通过延长光合有效时间,减少呼吸消耗而实现的。日光合总量的提高增加了光合产物,为烟苗生长发育和生理代谢提供充足的物质基础。这也可能正是利用弱光延长光照时间可以促进烟苗全面生长,提高烟苗素质的重要原因。

参考文献

- [1] 刘国顺,杨兴有,位辉琴,等.光照强度对烤烟漂浮育苗成苗素质的影响[J].烟草科技,2006(8):51-54.
- [2] 李明福.光照对烤烟小棚漂浮育苗的影响[J].中国农学通报,2005,21(12):170-172.
- [3] Jouni P, Veikko K, Heikki H. Effects of photoperiod and temperature on the timing of bud bursts in Norway spruce (*Picea abies*) [J]. *Tree physiology*, 1998, 18: 811-816.
- [4] 刘玉颖,廖祥儒,徐景智,等.补充光照对番茄幼苗生长的影响[J].河北大学学报(自然科学版),2002,22(1):51-54.
- [5] 李愚鹤,马鸿艳,栾非时.补充光照对温室冬茬黄瓜幼苗生长及生理特性的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(5):584-588.
- [6] 龙作义,刘汉平,吴全德.光周期对红皮云杉苗木的影响[J].牡丹江师范学院学报(自然科学版),1999(1):12-13.
- [7] 王绍辉,孔云,程继鸿,等.补充单色光对日光温室黄瓜光合特性及光合产物分配的影响[J].农业工程学报,2008,24(9):204-205.
- [8] Tinus R W, McDonald S E. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses[R]. USDA Forest Service, 1979:60.
- [9] 杨春雷,魏巍,杨久红,等.苗期人工光照处理在白肋烟生产上的应用[J].安徽农业科学,2008,36(30):13234-13236.
- [10] 颜景义,郑有飞,郭林,等.小麦累积光合量的估算及其规律分析[J].中国农业气象,1995,12(1):4-8.
- [11] 韩锦峰.烟草栽培生理学[M].北京:中国农业出版社,2003:148-149.
- [12] 栾征,曹前进,成浩,等.冬季增温和延长光照对茶苗生长的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2007,33(5):519-524.
- [13] 林金科,赖明志,詹梓金.茶树叶片净光合速率对生态因子的响应[J].生态学报,2000,20(3):404-408.
- [14] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.
- [15] 焦念元,赵春,宁堂原,等.玉米-花生间作对作物产量和光合作用光响应的影响[J].应用生态学报,2008,19(5):981-985.
- [16] Ming J L, Ban D H. Photosynthetic plasticity of *Phalaenopsis* in response to different light environments [J]. *Journal of Plant Physiology*, 2004, 161: 1259-1268.
- [17] 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.
- [18] Munné-Bosch S, Nogués S, Alegre L. Diurnal variations of photosynthesis and dew absorption by leaves in two evergreen shrubs growing in Mediterranean field conditions [J]. *New Phytologist*, 1999, 144: 109-119.
- [19] Mandal K J, Sinha A C. Nutrient management effects on light interception, photosynthesis, growth, dry matter production and yield of Indian mustard (*Brassica juncea*) [J]. *J Agron Crop Sci*, 2004, 190: 119-129.
- [20] Palmqvist K, Sundberg B. Light use efficiency of dry matter gain in five macro-lichens: relative impact of microclimate conditions and species-specific traits [J]. *Plant Cell & Environ*, 2000, 23: 1-14.
- [21] 张治安,杨福,陈展宇,等.菰叶片净光合速率日变化及其与环境因子的相互关系[J].中国农业科学,2006,39(3):502-509.
- [22] 张旺峰,任丽彤,王振林,等.膜下滴灌对新疆高产棉花光合特性日变化的影响[J].中国农业科学,2003,36(2):159-163.