

## 栽培条件对烟叶光合特性、氮代谢及产质量的影响

钟秋<sup>1</sup>, 张瑞娜<sup>1</sup>, 潘飞龙<sup>2\*</sup>, 秦艳青<sup>3</sup>, 董建国<sup>1</sup>, 杨军<sup>1</sup>, 邹宇航<sup>1</sup>, 陈勇<sup>1</sup>

(1. 四川省烟草公司 德阳市公司, 四川 德阳 618000;

2. 河南农业大学 烟草学院, 河南 郑州 450002;

3. 四川省烟草公司, 四川 成都 610000)

**摘要:** 为探讨遮阴和雨淋两种栽培条件对烟叶光合特性、氮代谢及产质量的影响, 开展遮阴和雨淋栽培试验, 测定不同条件下烟叶团棵期、现蕾期、圆顶期和成熟期的光合特性、硝酸还原酶活性及烤后烟叶经济性状。结果表明: 遮阴处理显著降低了烟叶的光合特性, 烟叶质体色素含量升高, NR 活性减弱, 烟叶经济效益降低; 雨淋处理对烟叶的影响与遮阴处理相似, 但烟叶光合特性、氮代谢和烟叶经济效益均好于遮阴处理。

**关键词:** 栽培条件; 光合特性; 氮代谢; 烟叶产量

**中图分类号:** S572 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-5639 (2019) 03-0044-04

**DOI:** 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2019.03.009

### Effects of Cultivation Conditions on Photosynthetic Characteristics, Nitrogen Metabolism, Yield and Quality of Tobacco

ZHONG Qiu<sup>1</sup>, ZHANG Ruina<sup>1</sup>, PAN Feilong<sup>2\*</sup>, QIN Yanqing<sup>3</sup>, DONG Jianguo<sup>1</sup>,

YANG Jun<sup>1</sup>, ZOU Yuhang<sup>1</sup>, CHEN Yong<sup>1</sup>

(1. Deyang Tobacco Company of Sichuan Province, Deyang, Sichuan, China 618000;

2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan, China 450002;

3. Sichuan Tobacco Company, Chengdu, Sichuan, China 610000)

**Abstract:** In order to study the effects of shading and raining on the photosynthetic characteristics, nitrogen metabolism, yield and quality of tobacco leaves, the experiments of shading and raining cultivation were carried. The photosynthetic characteristics, nitrate reductase activity, and tobacco economic traits of tobacco leaves under different cultivation conditions were determined at the rosette stage, budding stage, topping stage and mature stage. The results showed that the shading treatment significantly reduced the photosynthetic characteristics of tobacco leaves. The contents of plastid pigment in tobacco increased; the NR activity decreased and the economic benefit of tobacco leaves reduced. The effect of raining treatment on tobacco leaves was similar to that of shading treatments, but the photosynthetic characteristics, nitrogen metabolism, and economic benefits of tobacco leaves were better than those with shading treatments.

**Key words:** cultivation conditions; photosynthetic characteristics; nitrogen metabolism; tobacco yield

随着现代化烟草农业建设的实施<sup>[1]</sup>, 烟叶生产方式随之发生了巨大改变, 烟叶生产力水平大幅提升, 但是由于受烤烟生育期自然条件的影

响, 我国烟叶生产仍然存在不协调、不平衡的问题<sup>[2]</sup>. 烟叶的生长发育受生态环境和管理措施等因素共同影响. 近年来, 我国南方部分烟区如云

收稿日期: 2018-10-18

基金项目: 中国烟草总公司四川省公司资助项目 (SCYC201809).

作者简介: 钟秋 (1981—), 女, 四川什邡人, 二级营销师, 主要从事烟叶生产及管理研究.

\* 通讯作者: 潘飞龙 (1993—), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要从事烟草调制与加工研究, E-mail: panfl90@qq.com.

南、四川等受降雨分布不均衡或干旱等条件的影响, 导致烟叶生育期栽培条件受到严重影响<sup>[3]</sup>. 而光合作用是烟叶物质形成的基础<sup>[4]</sup>, 对烟叶产量和质量起着重要作用. 此外, 氮素是植物生长发育所必需的营养元素之一<sup>[5]</sup>, 氮代谢的强弱对烟叶产量和品质形成有较大影响<sup>[6]</sup>. 烤烟成熟期降雨量减少有利于烟叶品质的形成, 以及烟叶质量的提高<sup>[7-8]</sup>. 施守杰等<sup>[9]</sup>研究表明, 不同程度遮阴处理烟叶的光合速率随光强的减弱而降低; 刘玉英等<sup>[10]</sup>研究表明, 适度的降雨量会提高植物光合特性. 目前, 关于栽培条件对植物影响的研究多集中于玉米、番茄、水稻等作物<sup>[11-12]</sup>, 而关于栽培条件对烟叶光合特性、氮代谢及产质量的影响研究相对较少. 本研究拟以烤烟品种 K326 为试验材料, 研究不同栽培条件对烟叶生长过程中团棵期、现蕾期、圆顶期和成熟期中部烟叶光合特性、氮代谢及产质量的影响, 旨在为优质烟叶生产提供参考依据.

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验于 2017 年在河南农业大学科研基地开展, 供试品种为 K326, 中部叶取第 9~11 叶位. 土壤为紫色土, 土壤肥力中等, 排水灌溉系统良好. 土壤基本理化性质: pH6.31, 有机质 35.37 g/kg, 碱解氮 179.52 mg/kg, 速效磷 25.33 mg/kg, 速效钾 127.61 mg/kg.

### 1.2 试验设计

试验在温室大棚内进行, 设置 3 个不同栽培条件处理, 分别为: 正常栽培条件 (CK); 60% 遮阴处理 (T1); 雨淋处理 (T2). 其中遮阴处理采用透光率为 60% 的黑色遮阴网进行遮阴, 遮阴网距离地面 2.5 m, 东、西两面垂直方向同时覆盖遮阴网, 而南、北两面无遮阴网, 以便于通风透气. 雨淋处理采用人工模拟降雨, 从烟叶伸根期开始至成熟采收结束, 每天上午 8:00~9:00、下午 4:00~5:00 进行模拟降雨, 降雨量为 8~10 mm. 各处理均进行 3 次重复, 采用随机排列, 小区面积 40 m<sup>2</sup> (5 m × 8 m), 行株距 1.20 m × 0.6 m, 每个小区栽烟 52 株. 试验于 5 月 1 日进行烟苗移栽. 除了不同栽培条件处理外, 其他田间管理措施均按当地优质烟叶生产技

术规程操作.

### 1.3 测定项目及方法

1) 光合特性测定: 分别于烟叶团棵期、现蕾期、圆顶期和成熟期时, 在每个小区各选取具有代表性的烤烟 5 株, 于上午 10:00~11:30 采用 Li-6300 光合测定系统 (Li-Cor, USA) 对标记烟株中部叶 (9~11 叶位) 进行光合特性测定, 每个小区各测 5 片烟叶.

2) 质体色素测定: 在已测定过光合特性的烟叶上, 使用 10 mm 打孔器打孔取样, 然后用分光光度法进行质体色素 (叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素) 含量测定<sup>[13]</sup>.

3) 硝酸还原酶测定: 选取测定过光合特性的叶片, 在烟叶主脉两侧第 5 至第 6 支脉处取鲜烟叶样品约 2 g, 然后迅速放置于液氮中速冻, 于 -80℃ 冰箱中保存, 用于酶活性测定, 硝酸还原酶 (NR) 活性采用活体法进行测定<sup>[14]</sup>.

4) 经济性状调查分别采取统计各处理的烟叶产量、产值、中上等烟比例、均价等.

### 1.4 数据处理

分别采用 Excel 2010 对试验数据进行整理, 用 Origin 9.0 绘图软件作图以及 SPSS 22.0 统计软件进行多重比较.

## 2 结果与分析

### 2.1 不同栽培条件对烟叶光合特性的影响

由表 1 可知, 不同处理烟叶光合特性在烟叶生育期内变化趋势相同. 净光合速率 ( $P_n$ ) 呈先上升后下降的变化规律, 现蕾期烟叶净光合速率达到最大值; 遮阴 (T1) 处理显著降低烟叶净光合速率, 不同处理烟叶各个时期净光合速率从大到小的顺序为:  $P_n(\text{CK}) > P_n(\text{T2}) > P_n(\text{T1})$ . 气孔导度 ( $G_s$ ) 以 CK 处理较好, T1 和 T2 处理均不同程度减小烟叶气孔导度. 不同处理烟叶胞间二氧化碳浓度 ( $C_i$ ) 在各个时期从大到小的顺序依次为:  $C_i(\text{CK}) > C_i(\text{T2}) > C_i(\text{T1})$ , 现蕾期烟叶胞间二氧化碳浓度最高, 随后逐渐降低. 烟叶蒸腾速率 ( $T_r$ ) 在生育期呈先增加后减小的变化趋势, T1 和 T2 处理均降低了烟叶的蒸腾速率. 综合分析不同处理烟叶光合特性可知, T1 处理显著降低烟叶光合特性, T2 处理次之, CK 处理烟叶光合性能最强.

表1 不同栽培条件对烟叶光合特性的影响

生育期	处理	净光合速率/ ( $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	气孔导度/ ( $\mu\text{molH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	胞间二氧化碳浓度/ ( $\mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mol}^{-1}$ )	蒸腾速率/ ( $\text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )
团棵期	CK	15.71 ± 0.84 a	0.51 ± 0.03 a	235.18 ± 4.12 a	5.14 ± 0.21 a
	T1	8.19 ± 1.12 c	0.29 ± 0.04 c	142.16 ± 3.75 c	3.89 ± 0.19 b
	T2	11.32 ± 0.96 b	0.35 ± 0.02 b	179.36 ± 4.31 b	4.18 ± 0.24 b
现蕾期	CK	19.17 ± 0.94 a	0.42 ± 0.06 a	281.52 ± 5.18 a	5.96 ± 0.58 a
	T1	13.21 ± 0.89 c	0.21 ± 0.03 c	181.32 ± 6.24 c	4.87 ± 0.38 c
	T2	15.21 ± 0.67 b	0.28 ± 0.10 b	223.48 ± 7.98 b	5.07 ± 0.41 b
圆顶期	CK	15.18 ± 0.74 a	0.33 ± 0.07 a	261.54 ± 5.12 a	5.34 ± 0.51 a
	T1	9.13 ± 0.91 c	0.15 ± 0.05 b	167.41 ± 7.43 c	4.21 ± 0.29 b
	T2	11.13 ± 0.84 b	0.19 ± 0.06 b	189.78 ± 6.59 b	4.62 ± 0.42 b
成熟期	CK	13.24 ± 0.75 a	0.37 ± 0.11 a	241.13 ± 7.18 a	4.68 ± 0.61 a
	T1	7.49 ± 0.62 c	0.19 ± 0.08 b	145.59 ± 6.98 c	3.51 ± 0.23 c
	T2	9.87 ± 0.46 b	0.23 ± 0.04 b	169.89 ± 11.47 b	4.01 ± 0.28 b

注：同一时期不同处理后面小写字母表示差异有统计学意义 ( $P < 0.05$ )，以下表同。

## 2.2 不同栽培条件对烟叶质体色素含量的影响

由表2可以看出，不同栽培条件烟叶叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量在烟叶不同生育期表现不同。烟叶生育期内质体色素含量逐渐降低，其中，T1处理烟叶质体色素含量在各时期均表现较高，烟叶成

熟期叶绿素a含量最高；CK处理烟叶质体色素含量在各生育期较低。综合烟叶4个生育期的质体色素含量表现发现，T1处理显著增加烟叶叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量，不同生育期烟叶质体色素含量从高到低的顺序为： $w(T1) > w(T2) > w(CK)$ 。

表2 不同栽培条件对烟叶质体色素含量的影响

处理	叶绿素a/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )				叶绿素b/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )				类胡萝卜素/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{FW}$ )			
	团棵期	现蕾期	圆顶期	成熟期	团棵期	现蕾期	圆顶期	成熟期	团棵期	现蕾期	圆顶期	成熟期
CK	1.18 b	1.09 b	0.61 c	0.30 b	0.42 b	0.40 b	0.19 b	0.15 b	0.26 a	0.24 b	0.19 a	0.12 a
T1	1.41 a	1.23 a	0.91 a	0.64 a	0.61 a	0.59 a	0.28 a	0.19 a	0.33 a	0.34 a	0.22 a	0.14 a
T2	1.23 b	1.16 ab	0.76 b	0.52 a	0.48 b	0.47 b	0.24 a	0.16 b	0.30 a	0.28 b	0.21 a	0.15 a

## 2.3 不同栽培条件对烤烟氮代谢的影响

氮代谢是烟株生育期最基本的物质代谢之一，而硝酸还原酶(NR)是氮代谢的关键酶，因此，可以根据烟叶的NR活性衡量烤烟氮代谢水平。由图1可知，不同栽培条件会显著影响烟叶的NR活性。在烟叶发育过程中烟叶的NR活性从团棵期到现蕾期逐渐升高，而从现蕾期至圆顶期和成熟期烟叶的NR活性则表现为逐渐下降。T1处理显著降低烟叶的NR活性；现蕾期T2处理烟叶的NR活性高于CK处理烟叶，而团棵期、圆顶期和成熟期T2处理烟叶的NR活性则低于CK处理。

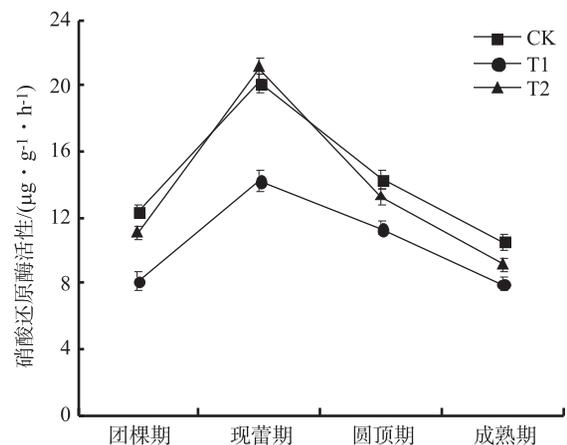


图1 不同栽培条件对烟叶硝酸还原酶活性的影响

#### 2.4 不同栽培条件对烤烟主要经济性状的影响

由表3可知, T1和T2处理烟叶的产量、产值、均价、上等烟比例和中上等烟比例均显著降低, 其中, 以T1处理烟叶的主要经济性状最低. 综合分析可知, CK处理烟叶经济效益最高, 而T1和T2处理降低了烟叶的经济效益.

表3 不同栽培条件对烤烟主要经济性状的影响

处理	产量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	均价/ (元·kg <sup>-1</sup> )	产值/ (元·hm <sup>-2</sup> )	上等烟 比例/%	中上等烟 比例/%
CK	2 242.8 a	19.7 a	44 183.2 a	28.9 a	89.4 a
T1	1 624.5 c	16.4 b	26 641.8 c	19.5 c	73.6 c
T2	1 824.3 b	17.5 b	31 925.3 b	23.1 b	81.9 b

### 3 结论与讨论

烟草是一种喜光作物, 烟叶的生长发育离不开充足适宜的光照. 王峥嵘等<sup>[15]</sup>研究表明, 烟叶干物质的积累随光强的减弱逐渐减少, 适度遮光可促进叶面积增加; 黄一兰等<sup>[16]</sup>研究表明, 烟叶净光合速率、气孔导度和蒸腾速率随着有效光合辐射的增加而增强; 武常青等<sup>[17]</sup>研究显示, 遮阴条件下烟叶光合作用减弱. 本研究结果表明, 遮阴处理(T1)显著降低烟叶净光合速率、气孔导度、胞间二氧化碳浓度和蒸腾速率, 与前人研究结果相似. 这可能是因为遮阴后烟叶生长受弱光胁迫, 烟叶气孔关闭, 导致蒸腾作用减小, 烟叶光合作用受到抑制. 降雨处理(T2)在一定程度上也抑制了烟叶的光合性能, 这与刘玉英等<sup>[10]</sup>研究的模拟降雨量对羊草光合特性影响的研究结果相似.

叶绿素是绿色植物进行光合作用主要吸收利用光能的物质, 是烟叶生长发育中物质形成的基础<sup>[18]</sup>. 云菲等<sup>[19]</sup>研究表明, 遮阴处理使鲜烟叶叶绿素和类胡萝卜素含量增高; 朱祝军等<sup>[20]</sup>研究表明, 不同光照强度对叶绿素含量影响显著, 弱光条件下, 叶绿素b含量会增加. 本研究中T1处理也表现出相似的变化规律, 遮阴条件下叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量在烟叶发育不同时期均有所增加, 这可能是因为弱光条件下叶绿素降解受抑制, 导致其含量上升. 雨淋处理(T2)也会引起烟叶质体色素含量的上升, 这可能与烟叶叶绿素合成增加有关<sup>[21]</sup>.

硝酸还原酶是氮代谢的关键酶, 其活性强弱

直接影响烟叶中氮素的含量. 本研究表明, T1处理显著降低烟叶NR活性, 烟叶氮代谢较弱. 这与王红丽<sup>[22]</sup>研究的遮阴处理在一定程度上降低烟叶NR活性的结果相似. 通过对不同栽培条件下烟叶经济性状研究发现, 遮阴和雨淋处理均显著降低了烟叶的产量、产值和上、中等烟比例, 同时降低了烟叶均价, 从而导致烟叶的经济效益降低.

综上所述, 遮阴处理显著降低了烟叶的光合特性, 烟叶叶绿素a、叶绿素b和类胡萝卜素含量升高, NR活性减弱, 烟叶经济效益降低; 雨淋处理对烟叶的影响与遮阴处理结果相似, 但烟叶光合特性、氮代谢和烟叶经济效益均好于遮阴处理. 值得注意的是, 本研究仅对遮阴及雨淋栽培条件与正常栽培条件的烟叶进行了对比研究, 而其他栽培条件对烟叶光合特性、氮代谢及烟叶产质量的影响还有待进一步研究.

#### [参考文献]

- [1] 丁伟, 王丰, 李继新, 等. 加拿大烟叶生产对我国现代烟草农业建设的启示 [J]. 中国烟草学报, 2008, 14 (1): 47-50.
- [2] 冰火, 建利, 江洪东. 论烟叶精益生产 [J]. 中国烟草学报, 2014 (1): 1-8.
- [3] 王军, 韦建玉, 周效峰. 南方烟区常见非正常烟叶的成因与采收烘烤技术 [C] // 广西壮族自治区科学技术协会. 第三届广西青年学术年会论文集. 南宁: 广西人民出版社, 2004.
- [4] 陈伟, 蒋卫, 邱雪柏, 等. 光质对烟叶光合特性、类胡萝卜素和表面提取物含量的影响 [J]. 生态学报, 2011, 31 (22): 6877-6885.
- [5] 刘洪祥, 杨林波, 何结望, 等. 几个烤烟品种与施氮量等栽培因素对烟叶可用性的综合效用评价 [J]. 中国烟草科学, 2004, 25 (4): 41-45.
- [6] 王宁, 董长军, 李大壮, 等. 不同施氮水平对烤烟干物质积累分配及产质的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2009 (6): 63-65.
- [7] 李杰, 徐兴阳, 张龙, 等. 烤烟成熟期降雨对烟叶常规化学成分的影响 [J]. 昆明学院学报, 2017, 39 (6): 7-12.
- [8] 尹平, 钱发聪, 徐兴阳, 等. 烤烟成熟期降雨及留叶数对初烤烟叶微量元素含量的影响 [J]. 昆明学院学报, 2017, 39 (6): 19-22.

(下转第60页)

- and trace elements in some medicinal herbs and their infusions consumed in Turkey [J]. *Science of the Total Environment*, 2006, 359 (3): 82–89.
- [13] STREET R, SZAKOVA J, DRABEK O, et al. The status of micronutrients (Cu, Fe, Mn, Zn) in tea and tea infusions in selected samples imported to the Czech Republic [J]. *Czech Journal of Food Sciences*, 2006, 24 (2): 62–71.
- [14] KARAK T, BHAGAT R M. Trace elements in tea leaves, made tea and tea infusion: a review [J]. *Food Research International*, 2010, 43 (9): 2234–2252.
- [15] SZYMCZYCHA-MADEJA A, WELNA M, POHL P. Elemental analysis of teas and their infusions by spectrometric methods [J]. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2012, 35: 165–181.
- [16] LV H P, LIN Z, TIAN J F, et al. Contents of fluoride, lead, copper, chromium, arsenic and cadmium in Chinese Pu-erh tea [J]. *Food Research International*, 2013, 53 (2): 938–944.
- [17] 杨婉秋, 王亚琴, 肖涵. 云南省凤庆县茶叶中矿质元素含量分析 [J]. *昆明学院学报*, 2015, 37 (6): 39–43.
- [18] FU Q L, LIU Y, LI L, et al. A survey on the heavy metal contents in Chinese traditional egg products and their potential health risk assessment [J]. *Food additives & contaminants: Part B, Surveillance*, 2014, 7 (2): 99–105.
- [19] 郝伟, 何咏, 陈雪, 等. 全自动消解-ICP-MS法检测不同茶叶中的稀土含量 [J]. *昆明学院学报*, 2016, 38 (3): 39–42.
- [20] NKANSAH M A, OPOKU F, ACKUMEY A A. Risk assessment of mineral and heavy metal content of selected tea products from the Ghanaian market [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2016, 188 (6): 1–11.
- [21] LI L H, FU Q L, ACHAL V, et al. A comparison of the potential health risk of aluminum and heavy metals in tea leaves and tea infusion of commercially available green tea in Jiangxi, China [J]. *Environmental Monitoring & Assessment*, 2015, 187 (5): 4445–4457.
- [22] USEPA. Concepts, methods and data sources for cumulative health risk assessment of multiple chemicals, exposures and effects: a resource document [EB/OL]. [2019-03-06]. <http://cfpub.epa.gov/ncea/risk/recordisplay.cfm?deid=190187>.

~~~~~

(上接第47页)

- [9] 施守杰, 符云鹏, 杨双剑, 等. 遮阴对烤烟上部叶光合特性及品质的影响 [J]. *山东农业科学*, 2016, 48 (2): 24–28.
- [10] 刘玉英, 李卓琳, 韩佳育, 等. 模拟降雨量变化与CO<sub>2</sub>浓度升高对羊草光合特性和生物量的影响 [J]. *草业学报*, 2015, 24 (11): 128–136.
- [11] 蔡昆争, 骆世明. 不同生育期遮光对水稻生长发育和产量形成的影响 [J]. *应用生态学报*, 1999, 10 (2): 193–196.
- [12] 刘贤赵, 康绍忠, 李庆志, 等. 不同生育期遮阴条件下番茄矿质氮的分配效应 [J]. *农业工程学报*, 2003, 19 (2): 199–202.
- [13] 樊金娟, 阮燕晔. *植物生理学实验教程* [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2015.
- [14] 中国科学院上海植物生理研究所, 上海市植物生理学会. *现代植物生理学实验指南* [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [15] 王峥嵘, 魏建荣, 周兴华, 等. 不同光照强度对烤烟生长及品质的影响 [J]. *云南农业大学学报*, 2011, 26 (z2): 14–20.
- [16] 黄一兰, 李文卿. 光强对烤烟光合作用影响的初步研究 [J]. *烟草科技*, 2000 (9): 36–38.
- [17] 武常青, 胡彦波, 贺国强. 遮阴对烤烟叶片光合特性的影响 [J]. *现代化农业*, 2010 (9): 1–5.
- [18] 刘典三, 刘国顺, 贾芳芳, 等. 不同光强对烤烟质体色素及其降解产物的影响 [J]. *华北农学报*, 2013, 28 (1): 234–238.
- [19] 云菲, 刘国顺, 史宏志, 等. 光氮互作对烤烟叶片光合色素及荧光特性的影响 [J]. *中国烟草学报*, 2010, 16 (4): 44–50.
- [20] 朱祝军, 喻景权, GERENDAS J, 等. 氮素形态和光照强度对烟草生长和H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>清除酶活性的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 1998, 4 (4): 379–385.
- [21] 王平荣, 张帆涛, 高家旭, 等. 高等植物叶绿素生物合成的研究进展 [J]. *西北植物学报*, 2009, 29 (3): 629–636.
- [22] 王红丽. 遮阴对浓香型烤烟光合生理及质量风格的影响 [D]. 郑州: 河南农业大学, 2015.