

# 施钼对烟草叶绿素含量、光合速率、产量及品质的影响

张纪利<sup>1,3</sup>, 李余湘<sup>2</sup>, 罗红香<sup>2</sup>, 张西仲<sup>2</sup>, 蒙祥旭<sup>2</sup>, 赵胜利<sup>1</sup>, 李章海<sup>1\*</sup>

(1.中国科学技术大学烟草与健康研究中心, 合肥 230051; 2.贵州省黔南州烟草公司, 贵州 都匀 558000;

3.安徽农业大学, 合肥 230036)

**摘要:**在大田条件下,对 K326、云烟 85、CB-1、红花大金元 4 个烟草品种进行叶面喷施钼肥,研究施钼对烟草叶片叶绿素含量、光合速率、产量和品质的影响。结果表明,施钼能提高 4 个品种烟草生育前期叶片叶绿素的含量和光合速率,提高烤后烟叶中上等烟的比例,显著降低杂色烟的比例,增加烟叶产量和产值,提高烟叶含钾量和含钼量。

**关键词:**钼;烟草;叶绿素含量;光合速率;产量;质量

中图分类号:S572.01;TS413

文章编号:1007-5119(2011)02-0024-05

DOI:10.3969/j.issn.1007-5119.2011.02.006

## Effects of Molybdenum Application on Chlorophyll Contents, Photosynthetic Rates, Yield and Quality of Tobacco Leaves

ZHANG Jili<sup>1,3</sup>, LI Yuxiang<sup>2</sup>, LUO Hongxiang<sup>2</sup>, ZHANG Xizhong<sup>2</sup>,  
MENG Xiangxu<sup>2</sup>, ZHAO Shengli<sup>1</sup>, LI Zhanghai<sup>1\*</sup>

(1. Research Centre of Tobacco and Health, University of Science and Technology of China; Hefei 230051, China; 2. Qiannan Tobacco Company of Guizhou Province, Duyun, Guizhou 558000, China; 3. Anhui Agriculture University, Hefei 230036, China)

**Abstract:** A field experiment was conducted to investigate the effects of foliar application of molybdenum (Mo) on chlorophyll content, photosynthetic rate, yield and quality of tobacco leaves for four tobacco varieties (K326, Yunyan85, CB-1 and Hongda). The results showed that Mo application could increase leaf photosynthetic rate and chlorophyll content of the four tobacco varieties during early growth stage. Mo application could significantly enhance the percentage of fine and middle grade flue-cured tobacco leaves and decrease the percentage of variegated tobacco, increase yield and output value of tobacco, increase the content of potassium and Mo content of tobacco leaves.

**Keywords:** molybdenum; tobacco; chlorophyll content; photosynthetic rate; yield; quality

钼是植物生长必需的重要微量元素,具有多种生物学功能<sup>[1]</sup>。植物缺钼时叶绿素含量显著减少,叶绿体结构受到破坏,光合作用强度大大降低<sup>[2-3]</sup>。施钼有利于提高叶片叶绿素含量和稳定性,促进植物光合作用<sup>[4]</sup>。烟草施钼有利于提高烟草产量、产值和上等烟比例,对品质的形成起着重要作用<sup>[5-6]</sup>。李章海等<sup>[7]</sup>研究表明,施钼能明显提高烟草生育前期的叶片光合速率,提高烟叶含钾量。崔国明等<sup>[8]</sup>试验表明,烤烟施钼能促进烟株生长,协调烟株生理代谢,增加烟叶产量和产值,改善烟叶品质。本

试验旨在研究在缺钼土壤上施钼对 4 个烟草品种烟叶叶绿素含量、光合速率、产量及品质等方面的影响,为烟草生产上钼肥的合理施用提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试土壤为黄棕壤,主要理化性状为 pH 8.1,有机质 2.3 g/kg,水解氮 123.7 mg/kg,速效磷 11.84 mg/kg,速效钾 237.0 mg/kg,有效钼 0.03 mg/kg。供试烟草品种为 K326、云烟 85、红花大金元(简

基金项目:贵州省烟草公司重点科技项目(200914)

作者简介:张纪利,男,在读硕士,研究方向为烟草栽培生理。E-mail: zhangjili2009@163.com。\* 通信作者, E-mail: lzhai@ustc.edu.cn

收稿日期:2009-11-19

修回日期:2010-04-01

称红大)、CB-1;供试钼肥为高效钼肥(由合肥华徽生物科技公司提供的含MoO<sub>3</sub>量为2.5%的烟草专用高效钼肥)。

## 1.2 试验设计

试验于2008年在中国科技大学烟草与健康研究中心试验田进行。试验设施钼和CK(清水)2个处理,采用随机区组排列,重复3次,4个品种,共24个小区,小区面积6m<sup>2</sup>。每个小区栽烟2行,12株/小区。株行距50cm×110cm,密度1212株/667m<sup>2</sup>。K326、云烟85施纯氮6kg/667m<sup>2</sup>,CB-1、红大施纯氮5kg/667m<sup>2</sup>,基、追肥比例为7:3,肥料为复合肥m(N):m(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>):m(K<sub>2</sub>O)=10:15:15。喷钼处理分别在团棵期和现蕾始期进行,高效钼1000倍液进行叶面喷施,每处理喷施1600mL。栽培管理按优质烟草栽培技术进行。

各指标分别在处理前、旺长期、现蕾期、打顶时测定功能叶,下部烟叶(X)、中部烟叶(C)、上部烟叶(B)成熟期测定成熟叶。

## 1.3 测定项目和方法

1.3.1 土壤理化性状的测定 采用中国土壤学会农业化学专业委员会编写的《土壤农业化学常规分析方法》<sup>[9]</sup>中提供的方法,其中,钼的测定方法略有改进。土壤pH测定采用电位法;有机质测定采用K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>容量法;水解氮测定采用碱解扩散法;速效磷测定采用Bray 1法(0.03N NH<sub>4</sub>F-0.025N HCl 浸提-钼锑抗比色法);速效钾测定采用草酸铵浸提-火焰光度法;土壤有效钼测定采用草酸-草酸铵浸提-KCNS比色法。

1.3.2 光合速率的测定 采用英国ADC公司生产的红外CO<sub>2</sub>气体分析仪LCA-4测定。每处理测定5株,每株测定2片烟叶,取平均值。

1.3.3 叶绿体色素含量的测定<sup>[10]</sup> 每处理选取3株,每株选择1片叶作为取样材料。各处理取样材料(去叶脉)2份(0.4g左右),剪碎于研钵中,加少量石英砂和2~3mL 95%酒精研磨成匀浆再加酒精10mL研磨至样品组织变白,暗处静置5min,

过滤到50mL棕色容量瓶中,洗涤研钵和残渣数次,定容后备测。95%酒精作为参比,在665、649、470nm下测吸光度。

公式计算如下:

$$C_a=13.95A_{665}-6.88A_{649}$$

$$C_b=24.96 A_{649}-7.32 A_{665}$$

$$\text{叶绿素含量 (mg/g)} = \frac{(C_a + C_b) \times V \times N}{W}$$

式中: C<sub>a</sub>、C<sub>b</sub>分别为叶绿素a和叶绿素b的浓度(mg/L); V为提取液体积(mL); N为稀释倍数; W为样品重(g)。

1.3.4 产量、产值的测定 每处理随机选20株挂牌标示,成熟期分批采收烘烤,对2个处理所有部位烤后烟叶按GB2635—92进行分级,测定产量并根据收购价格计算产值。

1.3.5 烟叶常规化学成分及钼含量的测定 常规成分用近红外法测定,烟叶钼含量测定采用干法灰化,HCl溶解灰分,KCNS比色法测定。

## 1.4 数据统计分析

用Microsoft Excel 2003和DPS进行数据整理分析,文中所有数据均用平均值表示。

# 2 结果

## 2.1 施钼对烟草叶片叶绿素含量的影响

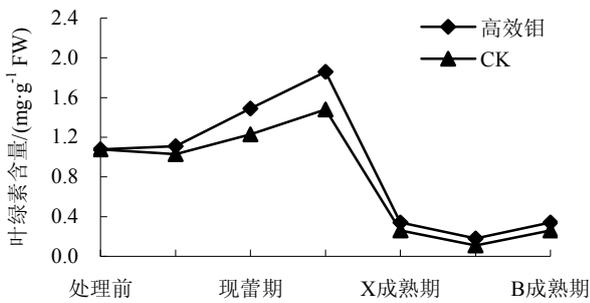
由图1可以看出,4个烟草品种叶绿素含量在打顶前逐渐增强,随后逐渐减弱进入成熟期,在上部叶成熟期略有提高。施钼处理前,叶片叶绿素含量表现为云烟85>K326>CB-1>红大。施钼处理后,施钼与CK相比,明显提高了K326和云烟85从旺长期到打顶叶绿素含量,现蕾期分别比CK提高21.42%和14.29%,打顶期分别比CK提高25.62%和9.89%;施钼在总体上提高了红大、CB-1打顶前叶绿素含量,但提高幅度不明显。打顶后,K326和CB-1施钼处理的叶绿素含量仍高于CK,而云烟85和红大却低于CK,但各品种施钼与CK烟叶叶绿素含量差异均不明显。可见,施钼能不同程度地提高4个烟草品种生育前期的叶片叶绿素的含量,

K326、云烟 85 表现较为突出，这对提高烟草光合作用是有利的。

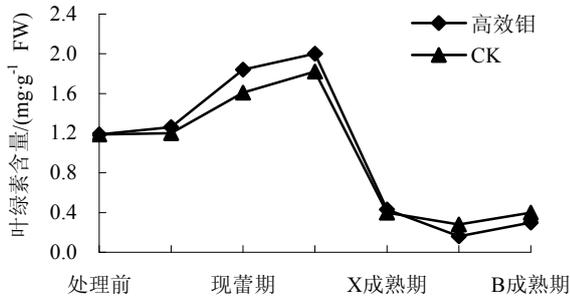
### 2.2 施钼对烟草光合速率的影响

由图 2 可看出，4 个烟草品种叶片光合速率在现蕾期之前逐渐增强，随后逐渐减弱进入成熟期。

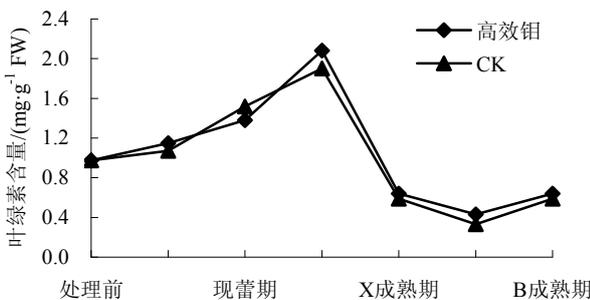
施钼前，各品种叶片光合速率相当。施钼后，施钼处理与 CK 相比，K326、云烟 85、红大和 CB-1 叶片光合速率在旺长期分别提高 25.00%、20.89%、10.70%和 7.56%；在现蕾期分别提高 19.79%、6.46%、20.58%和 5.26%。现蕾后，施钼处理的各



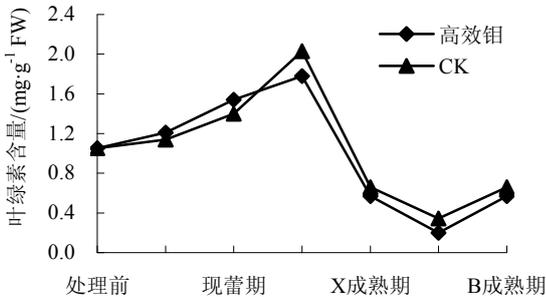
(a) K326



(b) 云烟 85



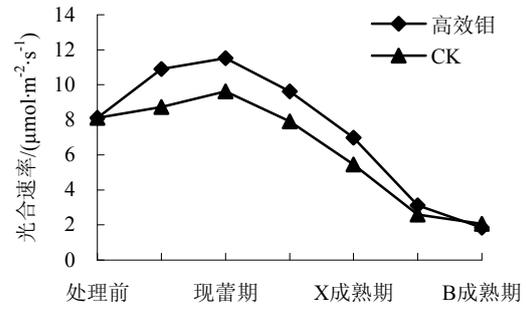
(c) CB-1



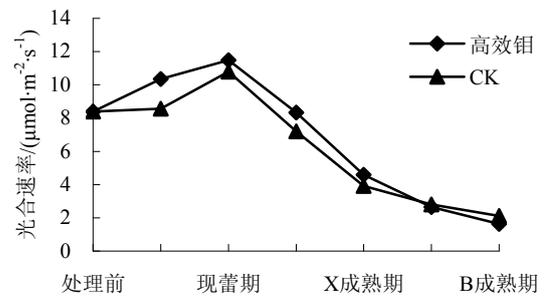
(d) 红大

图 1 施钼对烤烟叶片叶绿素含量的影响

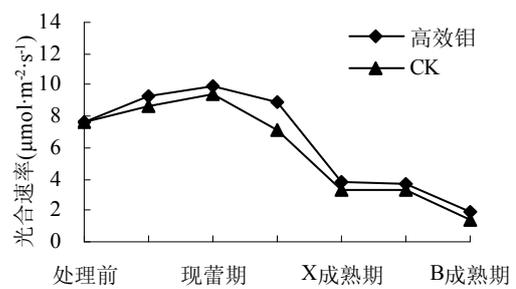
Fig.1 Effects of Mo application on leaf chlorophyll content



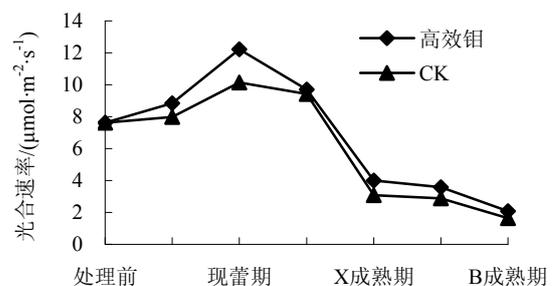
(a) K326



(b) 云烟 85



(c) CB-1



(d) 红大

图 2 施钼对烤烟叶片光合速率的影响

Fig.2 Effects of Mo application on leaf photosynthetic rates

烟草品种叶片光合速率仍持续高于 CK。可见，施钼能不同程度地提高 4 个烟草品种整个大田生育期，特别是旺长到现蕾期叶片的光合速率。在成熟期仍保持一定强度，这有利于提高烟叶光合产物的积累。

2.3 施钼对烤后烟叶等级、产量、产值的影响

由表 1 可知，K326、云烟 85、CB-1 和红大施钼处理与 CK 相比，中上等烟的比例分别提高 12.53、8.19、15.51、11.75 个百分点；杂色烟的比例分别下降了 17.87、1.55、15.53、10.38 个百分点；产量分别增加 6.30、14.06、2.24、8.00 kg/667m<sup>2</sup>；均价分别提高 1.45、0.27、1.94、0.33 元/kg；产值分别增加 294.93、223.00、237.87、137.88 元/667m<sup>2</sup>。施钼与 CK 相比，4 个品种产量、产值、均价及等

级比例在 0.05 水平上均达到显著性差异。可见，施钼明显提高了烤后烟叶中上等烟比例，不同程度地提高了烟叶产量和均价，收益增加显著。

2.4 施钼对烟叶常规化学成分及含钼量的影响

由表 2 可见，施钼处理与 CK 相比，均不同程度地提高了 4 个烟草品种下、中、上部位烟叶含钾量，K326 分别增加 15.0%、16.2%和 14.2%；云烟 85 分别增加 4.2%、21.5%和 13.6%；CB-1 分别增加 15.5%、6.9%和 12.9%；红大分别增加 11.5%、38.7%和 1.9%。施钼处理与 CK 相比，K326 中、上部叶的总糖含量分别增加 22.9%和 24.5%，还原糖含量分别增加 31.5%、28.7%，下部叶含量均降低；云烟 85 品种下、中、上部叶还原糖含量分别增加 11.3%、11.7%和 11.2%，总糖含量增加不明显；CB-1 的中、

表 1 施钼对烤后烟叶等级及产量、产值的影响

Table 1 Effects of Mo application on grade, yield and quality of flue-cured tobacco leaves

| 品种    | 处理  | 中上等烟比例/% | 杂色烟比例/% | 产量/(kg·667m <sup>2</sup> ) | 产值/(元·667m <sup>2</sup> ) | 均价/(元·kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|-----|----------|---------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| K326  | 高效钼 | 76.31 a  | 2.00 b  | 157.56 a                   | 1889.17 a                 | 11.99 a                  |
|       | CK  | 63.78 b  | 19.87 a | 151.26 b                   | 1594.24 b                 | 10.54 b                  |
| 云烟 85 | 高效钼 | 91.59 a  | 1.13 b  | 149.8 a                    | 1976.55 a                 | 13.19 a                  |
|       | CK  | 83.4 b   | 2.68 a  | 135.74 b                   | 1753.55 b                 | 12.92 b                  |
| CB-1  | 高效钼 | 61.43 a  | 25.51 b | 165.86 a                   | 1601.83 a                 | 10.28a                   |
|       | CK  | 45.92 b  | 41.04 a | 163.62 b                   | 1363.96 b                 | 8.34 b                   |
| 红花大金元 | 高效钼 | 78.98 a  | 8.44 b  | 152.23 a                   | 1730.52 a                 | 11.37 a                  |
|       | CK  | 67.23 b  | 18.82a  | 144.23 b                   | 1592.64 b                 | 11.04 b                  |

注：表中不同字母代表 P<0.05 的差异显著性。

表 2 施钼对烟叶常规化学成分及含钼量的影响

Table 2 Effects of Mo application on the content of chemical components and Mo of tobacco leaves

| 品种    | 烟叶部位 | 处理  | 总糖/%  | 还原糖/% | 总氮/% | 烟碱/% | K <sub>2</sub> O/% | Cl/% | 钼/(mg·kg <sup>-1</sup> ) |
|-------|------|-----|-------|-------|------|------|--------------------|------|--------------------------|
| K326  | 下部   | 高效钼 | 18.67 | 13.80 | 1.92 | 2.87 | 1.72               | 0.50 | 14.06                    |
|       |      | CK  | 21.96 | 16.50 | 1.75 | 2.82 | 1.50               | 0.44 | 1.60                     |
|       | 中部   | 高效钼 | 25.82 | 17.58 | 1.59 | 3.55 | 1.65               | 0.44 | 9.54                     |
|       |      | CK  | 21.02 | 13.37 | 1.58 | 3.45 | 1.42               | 0.43 | 1.01                     |
|       | 上部   | 高效钼 | 22.44 | 15.15 | 1.84 | 4.33 | 0.93               | 0.53 | 8.19                     |
|       |      | CK  | 18.03 | 11.77 | 1.83 | 4.46 | 0.81               | 0.55 | 1.05                     |
| 云烟 85 | 下部   | 高效钼 | 23.26 | 15.98 | 1.94 | 2.91 | 1.53               | 0.41 | 19.63                    |
|       |      | CK  | 23.16 | 14.36 | 1.60 | 2.88 | 1.47               | 0.37 | 1.24                     |
|       | 中部   | 高效钼 | 28.66 | 19.98 | 1.61 | 3.52 | 1.28               | 0.35 | 15.84                    |
|       |      | CK  | 26.18 | 17.89 | 1.61 | 3.73 | 1.05               | 0.37 | 1.02                     |
|       | 上部   | 高效钼 | 22.23 | 16.18 | 1.95 | 4.59 | 0.78               | 0.50 | 13.62                    |
|       |      | CK  | 21.96 | 14.55 | 1.80 | 4.35 | 0.68               | 0.41 | 0.98                     |
| CB-1  | 下部   | 高效钼 | 23.52 | 15.94 | 1.50 | 2.48 | 1.70               | 0.38 | 17.95                    |
|       |      | CK  | 24.07 | 16.81 | 1.42 | 2.64 | 1.47               | 0.42 | 1.37                     |
|       | 中部   | 高效钼 | 27.64 | 22.39 | 1.56 | 2.89 | 1.28               | 0.40 | 12.03                    |
|       |      | CK  | 27.48 | 21.27 | 1.52 | 3.15 | 1.20               | 0.42 | 1.11                     |
|       | 上部   | 高效钼 | 23.01 | 17.47 | 1.62 | 3.51 | 0.70               | 0.52 | 10.38                    |
|       |      | CK  | 21.95 | 16.74 | 1.63 | 3.62 | 0.62               | 0.59 | 0.99                     |
| 红花大金元 | 下部   | 高效钼 | 19.70 | 13.92 | 1.74 | 2.83 | 1.86               | 0.45 | 22.90                    |
|       |      | CK  | 21.76 | 14.35 | 1.65 | 2.84 | 1.67               | 0.49 | 1.44                     |
|       | 中部   | 高效钼 | 21.33 | 15.66 | 1.71 | 3.33 | 1.74               | 0.46 | 17.84                    |
|       |      | CK  | 22.98 | 17.29 | 1.69 | 3.82 | 1.26               | 0.49 | 1.60                     |
|       | 上部   | 高效钼 | 17.41 | 12.46 | 1.85 | 4.56 | 0.84               | 0.57 | 16.24                    |
|       |      | CK  | 19.62 | 13.24 | 1.90 | 4.62 | 0.85               | 0.62 | 1.31                     |

上部叶的总糖含量分别增加 0.6%和 4.8%，还原糖含量分别增加 5.2%、4.4%，下部叶含量均降低；红大各部位总糖、还原糖含量均不同程度地降低。除 K326 下、中部叶和云烟 85 下、上部叶烟叶烟碱、氯含量有所提高外，各品种其他部位均有不同程度降低。各品种各部位烟叶总氮含量变化不大。施钼后，各品种烟叶含钼量均有较大幅度的增加，且下部叶 > 中部叶 > 上部叶；其中云烟 85、红大各部位叶片增加均达 10 倍以上，但未出现钼中毒和阻碍烟株生长的现象。

### 3 讨 论

施钼能不同程度地提高 4 个烟草品种叶片叶绿素含量和光合速率，这与韦莉萍<sup>[11]</sup>和郑艺梅<sup>[12]</sup>等分别在甘蔗和小白菜上的研究报道相同。4 个烟草品种上部叶成熟期叶片叶绿素含量略有增加，这可能与当时持续阴雨导致烟草出现返青现象有关。目前，钼参与光合作用的过程及机理尚不清楚，有待进一步研究。

施钼明显提高了中上等烟比例，降低了杂色烟比例，主要是由于施钼降低了烟叶 PPO 活性（其研究另文已报道），从而抑制了酶促棕色化反应进程。施钼增加了烟叶含钾量，可能是由于烟草根系对钼元素的吸收是以阴离子（ $\text{MoO}_4^{2-}$ 或  $\text{HMoO}_4^-$ ）形式进行的，从而促进了对  $\text{K}^+$  的吸收，相关研究尚未见报道。施钼后，4 个品种烟叶含钼量均有较大幅度增加，而未出现钼中毒和阻碍生长的现象，可见烟草对钼具有奢侈吸收的现象。目前，钼在烟草上尚无一个确定的丰缺临界值，烟草生长发育过程中钼的丰缺临界值及烟草钼肥合理施用有待进一步研究。

### 4 结 论

本研究表明，施钼能不同程度地提高 4 个烟草品种生育前期的叶片叶绿素的含量，且在 K326 和

云烟 85 上表现尤为明显。施钼不同程度地提高了 4 个烟草品种整个大田生育期特别是旺长到现蕾期叶片的光合速率，这有利于促进烟草光合产物的形成和积累。施钼明显提高了 4 个烟草品种烤后烟叶中上等烟的比例，显著降低杂色烟比例，提高了产量和产值。施钼促进了烟株对  $\text{K}^+$  的吸收，提高了烟叶含钾量，且在 4 个烟草品种上表现一致。施钼处理使 4 个烟草品种烟叶含钼量显著增加。除红大外，施钼处理与 CK 相比，其他烟草品种中上部叶总糖和还原糖含量均有不同程度的增加。

### 参考文献

- [1] 黄建国. 植物营养学[M]. 北京：中国林业出版社，2003：212-217.
- [2] 曹恭，梁鸣早. 钼-平衡栽培体系中植物必需的微量元素[J]. 土壤肥料，2004（3）：2-4.
- [3] 刘鹏，杨玉爱. 土壤中的钼及其植物效应的研究进展[J]. 农业环境保护，2001（4）：280-282.
- [4] 曹宗巽，吴相钰. 植物生理学[M]. 上海：人民教育出版社，1980.
- [5] 刘国顺. 烟草栽培学[M]. 北京：中国农业出版社，2003：141-150.
- [6] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京：中国农业出版社，2003：6，114-129.
- [7] 李章海，宋泽民，黄刚，等. 缺钼烟田施钼对烟草光合作用和氮代谢及烟叶品质的影响[J]. 烟草科技，2008（11）：56-58，66.
- [8] 崔国明，张辉. Mo 肥对烟叶产量品质的影响[J]. 烟草科技，2000（3）：39-41.
- [9] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京：科学出版社，1983.
- [10] 王学奎. 植物生理生化试验原理和技术[M]. 北京：高等教育出版社，2006：134-136.
- [11] 韦莉萍，李杨瑞，韦飞燕，等. 钼对甘蔗光合生理特性的影响[J]. 广西农业科学，2007，38（6）：613-618.
- [12] 郑艺梅，胡承孝，郑晶，等. 钼对小白菜叶绿素和抗坏血酸含量以及硝酸盐累积的影响[J]. 农产品加工，2006（3）：7-9.