

# 阿维菌素类和烟碱类杀虫剂对烟草幼苗叶绿素含量的影响

刘修堂<sup>1</sup>, 张悦<sup>2</sup>, 王涛<sup>3</sup>, 曲爱军<sup>2\*</sup>

(1. 山东农业大学化学与材料科学学院, 山东 泰安 271018; 2. 山东农业大学植物保护学院, 山东 泰安 271018;  
3. 山东省聊城市林业局, 山东 聊城 252000)

**摘要:** 为合理评价杀虫剂及烟草生态安全性提供理论参考依据, 以烟草生产中常用的 4 种杀虫剂处理烟草幼苗, 并对其叶绿素含量进行了测定。结果表明, 阿维菌素、吡虫啉和啶虫脒导致烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量上升, 叶绿素 a/b 下降; 甲维盐则导致烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量下降, 叶绿素 a/b 上升。从叶绿素含量的变化来看, 阿维菌素、吡虫啉和啶虫脒对烟草幼苗相对是安全的, 而甲维盐则会对其造成不利的影响。  
**关键词:** 烟草; 杀虫剂; 叶绿素; 类胡萝卜素

中图分类号: S572.01

文章编号: 1007-5119 (2013) 02-0064-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.02.014

## Effects of Four Insecticides on the Contents of Chlorophyll and Carotenoid in Tobacco Seedling Leaves

LIU Xiutang<sup>1</sup>, ZHANG Yue<sup>2</sup>, WANG Tao<sup>3</sup>, QU Aijun<sup>2\*</sup>

(1. College of Chemistry and Material Sciences, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China;  
2. College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China;  
3. Forestry Bureau of Liaocheng City, Liaocheng, Shandong 252000, China)

**Abstract:** In order to evaluate the ecological risk of insecticides to the tobacco (*Nicotiana tabacum* L.), the contents of chlorophyll and carotenoid in tobacco seedling leaves treated with the four insecticides were measured. When the tobacco seedlings at nine-leave stage which were raised under greenhouse condition, the contents of chlorophyll and carotenoid of the ninth leaf were tested after treated with 100 $\mu$ l of the four insecticides. The result showed that the contents of chlorophyll a, chlorophyll b, the total chlorophyll and carotenoid of the tobacco seedling leaves treated with avermectins, imidacloprid and acetamiprid increased, the ratios of Chla / Chlb decreased. The contents of chlorophyll a, chlorophyll b, the total chlorophyll and carotenoid of the tobacco seedling leaves treated with emamectin benzoate decreased, the ratios of Chla/Chlb increased. Therefore, avermectins, imidacloprid and acetamiprid insecticides are safe to the tobacco, and emamectin benzoate can cause adverse effects.

**Keywords:** tobacco; insecticide; chlorophyll; carotenoid

在目前烟草害虫防治中, 化学防治法仍占主导地位。阿维菌素、甲维盐、吡虫啉和啶虫脒是防治烟蚜 [*Myzus persicae* (Sulzer)]、烟粉虱 [*Bemisia tabaci* (Gennadius)] 等害虫常用药剂<sup>[1-6]</sup>, 在生产实际应用中, 人们更关心的是这些药剂对害虫的防治效果, 而很少关注这些农药对植物会产生怎样的影响。化学生态学研究表明, 害虫的发生与植物有

着密切的关系, 如: 由寄主植物释放的一般挥发物蒽烯和  $\alpha$ -蒽烯、苯甲醛、乙醇、甲基丁香酚、 $\alpha$ -蒎烯, 萘烯和  $\alpha$ -松油醇分别对害虫叶蝉 (*Amrasca devastans*)、禾谷缢管蚜 (*Rhopalosiphum padi*)、小蠹 (*Trypodendron lineatum*)、柑橘小实蝇 (*Dacus dorsalis*) 和象甲 (*Hylobius abietis*) 有明显的招引作用, 且还有增加害虫产卵量的作用<sup>[7]</sup>。

基金项目: 山东农业大学 SRT 资助项目“烟草和小白菜幼苗对几种杀虫剂生理响应”(2011)

作者简介: 刘修堂, 男, 教授, 主要从事有机物分析与农药生理生态方面的工作。E-mail: liuxt828@sdau.edu.cn

\*通信作者, E-mail: aijunqu1965@163.com

收稿日期: 2011-12-28

修回日期: 2012-07-09

植物释放挥发物易受各种因子的影响,包括农药。但从目前国内外研究情况来看,杀虫剂对陆生植物影响研究较少,Lloyd等<sup>[8]</sup>将其归纳为是因昆虫学家缺乏对植物生理的兴趣与专长,反之亦然。

本试验测定了目前我国防治烟蚜、烟粉虱等重要烟草害虫常用药剂阿维菌素、吡虫啉等杀虫剂对烟草幼苗叶绿素和类胡萝卜素含量的影响,旨在为评价杀虫剂对烟草生理生化的影响和为烟草生态安全性提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试烟草品种为 K326,由山东农业大学植物保护学院王玉军教授提供。在玻璃温室中采用塑料托盘育苗,育苗穴内装有基质,正常管理。待烟苗长至 4 个叶片时移入花盆(直径 12 cm,高 10 cm),放入网室,并定期施肥 $[m(N):m(P_2O_5):m(K_2O) = 20:20:20]$ 浇水,烟草幼苗生长至 9 叶一心时,选取长势基本相似,健壮无病虫的幼苗测定。

杀虫剂 5%阿维菌素乳油(山东润扬化学有限公司)、3%甲维盐微乳剂(深圳诺普信农化股份有限公司)、10%吡虫啉可湿性粉剂(济南一农化工有限公司)、20%啶虫脒微乳剂(山西奇星农药有限公司)由山东农业大学植物保护学院幕卫和薛超彬教授提供。参照生产实际应用浓度<sup>[4,9]</sup>,以不产生药害为标准,适当提高试验浓度,以丙酮为溶剂,分别将阿维菌素稀释至 600、1200 和 2000 倍,甲维盐稀释至 500、1000 和 1500 倍,吡虫啉稀释至 600、1000 和 1500 倍,啶虫脒稀释至 400、800 和 1200 倍。用微量注射器移液枪取 100  $\mu$ L,在烟草幼苗第 9 个叶片上均匀涂杀害虫剂,微量注射器的针头不接触叶片。以施用丙酮为对照,每处理重复 3 次。

### 1.2 叶绿素含量的测定

试验于 2011 年 10 月在山东农业大学农药生理生态实验室进行。参照李合生<sup>[10]</sup>、赵世杰等<sup>[11]</sup>的试验方法,每株选择 1 片叶作为取样材料。取新鲜植物叶片,擦净叶片表面污物,剪碎(去叶脉),混

匀。称取剪碎的新鲜样品 0.2 g,放入研钵中,加少量石英砂和 2~3 mL 80%丙酮,研磨成匀浆,再加丙酮 10 mL 研磨至样品组织变白,暗处静置 5 min,过滤到 50 mL 棕色容量瓶中,洗涤研钵和残渣数次,定容后备测。80%丙酮作参比,在 665、649、470 nm 下,应用日本岛津 UV-2450 紫外分光光度计测吸光度值。

公式计算如下:

$$C_a = 12.21A_{663} - 2.81A_{646}$$

$$C_b = 20.13A_{646} - 5.03A_{663}$$

$$C_T = C_a + C_b$$

$$C_{x.c} = (1000A_{470} - 3.27C_a - 104C_b)/229$$

式中: $C_a$ 、 $C_b$ 、和  $C_T$ 、 $C_{x.c}$  分别为叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素的含量。 $A_{663}$ 、 $A_{646}$ 、 $A_{470}$  分别为叶绿体色素提取液在波长 663、646、470 nm 下的光密度值。单位均为 mg/g·FW。

### 1.3 数据统计分析

用 DPS 进行数据整理分析,文中所有数据均用平均值表示。对所有数据进行方差分析,处理间的差异显著性用 LSD 检验。

## 2 结果

### 2.1 阿维菌素对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

阿维菌素对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响见表 1。从表中可以看出,施药后 24 h,烟草幼苗叶绿素 a 含量较对照均有大幅度上升,其中,600 倍杀虫剂较对照上升了约 52%,与对照差异极显著( $P > 0.01$ );1200 倍和 2000 倍阿维菌素较对照分别上升了约 49%和 40%,也与对照差异极显著( $P > 0.01$ )。叶绿素 b 和叶绿素总量的变化规律和叶绿素 a 的变化规律基本一致,均为 600 倍杀虫剂使叶绿素 b 和总量上升幅度最大,2000 倍药剂使叶绿素 b 和总量上升幅度最小。

由表 1 可知,阿维菌素对烟草幼苗叶绿素 a/b 值的影响,与对照相比,喷施各浓度药剂均使叶绿素 a/b 下降,其中 600 倍杀虫剂的叶绿素 a/b 下降

幅度最大,与对照差异显著( $P > 0.05$ ),而1200、2000倍药剂的叶绿素 a/b 与对照差异不显著。

从表1可知,烟草幼苗在处理各浓度阿维菌素后,类胡萝卜素含量则均呈上升趋势,且随着阿维菌素浓度的增加,类胡萝卜素含量也逐渐增加,其趋势与叶绿素相反。

## 2.2 甲维盐对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

据表2可知,甲维盐对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响与阿维菌素的影响完全相反。施药后24 h,烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素的含量较对照均有所下降,且随着甲维盐浓度的增加,叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素的含量也逐渐增加,其中,500倍甲维盐处理的烟草幼苗叶片,叶绿素 a、叶绿素 b 和叶绿素总量,与对照差异极显著( $P > 0.01$ ),其余均与对照差异不显著。与对照相比,处理甲维盐的烟草幼苗叶绿素 a/b 则均有所上升,且随着浓度的降低,叶绿素 a/b 也越来越小,但均与对照差异不显著。

## 2.3 吡虫啉对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

由表3可知,吡虫啉对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响与阿维菌素的影响基本一致,但影响程度不及阿维菌素,如叶绿素 a 的含量,施药后24 h,600倍阿维菌素较对照上升了约52%,吡虫啉则较对照上升了29%;对叶绿素 a/b 值的影响,也类似于阿维菌素。

## 2.4 啶虫脒对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

表4是啶虫脒对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响结果。从表中可看出,啶虫脒对烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量、类胡萝卜素和叶绿素 a/b 的影响,与阿维菌素和吡虫啉的影响也基本一样,只是影响程度介于两者之间。

## 3 讨论

从试验结果来看,阿维菌素、吡虫啉和啶虫脒均导致烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量上升,叶绿素 a/b 下降;但这3

表1 阿维菌素对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

Table 1 Effects of avermectins on the contents of chlorophyll and carotenoid in tobacco seedling leaves

农药浓度	C <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>T</sub>	C <sub>x.c</sub>	C <sub>a</sub> /C <sub>b</sub>
对照	6.0944aA	1.8306aA	7.9250aA	1.2410aA	3.3293a
600倍	9.2408bB	3.1238bB	12.3646bB	1.3594aA	2.9578b
1200倍	9.0679bB	2.7895cC	11.8574bB	1.4353bB	3.2493a
2000倍	8.5173bB	2.5816dC	11.0989cB	1.5246cB	3.3013a

注:同一列不同小写字母表示5%显著水平,不同大写字母表示1%极显著水平;叶绿素及类胡萝卜素的单位已在正文中标出。下同。

表2 甲维盐对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

Table 2 Effects of emamectin benzoate on the contents of chlorophyll and carotenoid in tobacco seedling leaves

农药浓度	C <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>T</sub>	C <sub>x.c</sub>	C <sub>a</sub> /C <sub>b</sub>
对照	6.0944aA	1.8298aA	7.9242 aA	1.2417	3.3308
500倍	4.8741bB	1.3724 bB	6.2465 bB	1.1869	3.5489
1000倍	5.6858 aA	1.6429 aA	7.3287aA	1.2076	3.4599
1500倍	5.7423 aA	1.7206aA	7.4629aA	1.2285	3.3366

表3 吡虫啉对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响

Table 3 Effects of imidacloprid on the contents of chlorophyll and carotenoid in tobacco seedling leaves

农药浓度	C <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>T</sub>	C <sub>x.c</sub>	C <sub>a</sub> /C <sub>b</sub>
对照	6.0944aA	1.8298aA	7.9242 aA	1.2417aA	3.3308
500倍	7.8758bB	2.5937 bB	10.4695 bB	1.3076 bB	3.0363
1000倍	7.7321 bB	2.4331 cB	10.1652 bB	1.3287aA	3.1768
1500倍	6.1142aA	1.8597aA	7.9739aA	1.3894aA	3.2858

表 4 啉虫脒对烟草幼苗叶绿素及类胡萝卜素含量的影响  
Table 4 Effects of acetamiprid on the contents of chlorophyll and carotenoid in tobacco seedling leaves

农药浓度	C <sub>a</sub>	C <sub>b</sub>	C <sub>T</sub>	C <sub>xc</sub>	C <sub>a</sub> /C <sub>b</sub>
对照	6.0944aA	1.8298aA	7.9242 aA	1.2417aA	3.3308
400 倍	8.6255bB	2.7879 bB	11.4134 bB	1.3972 bB	3.0929
800 倍	8.1794 bB	2.5618bcB	10.7412 bB	1.4286 bB	3.2021
1200 倍	7.8213 bB	2.4053cB	10.2266 bB	1.4439bB	3.2499

种杀虫剂对烟草幼苗色素含量的影响程度不一，其中，阿维菌素影响最大，啉虫脒次之，吡虫啉影响最小。而甲维盐则导致烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量下降，叶绿素 a/b 上升。

烟草在各种胁迫因子作用下，通常叶绿素含量会下降。如重金属镉<sup>[12-13]</sup>、铬<sup>[14]</sup>、铜<sup>[15]</sup>、锌、铅<sup>[13]</sup>和镁<sup>[16]</sup>及 UV-B 辐射<sup>[17]</sup>等都会引起烟草叶绿素含量下降。逆境导致叶绿素含量下降的主要原因，通常是叶绿体结构遭到破坏<sup>[14,18]</sup>，从而导致植物体内叶绿素含量下降，这也可能是甲维盐导致烟草幼苗叶绿素含量下降的主要原因。

但是低浓度的铬、铜和镁及硫<sup>[19]</sup>会导致烟草叶绿素含量的上升。影响叶绿素形成的重要因子有光、温度、营养元素、氧和水<sup>[20]</sup>，究其上升原因，可能是这几种元素作为营养元素，从而导致烟草叶绿素含量上升，因为这些元素在叶绿素的生物合成过程中有催化功能或其他间接作用。

阿维菌素、吡虫啉和啉虫脒这 3 种杀虫剂是复杂的有机物，因此不可能是作为营养元素来引起烟草叶绿素含量上升的原因。从目前的研究结果看，一种可能是叶绿素的合成需要脯氨酸，而在逆境胁迫下植物细胞中通常会大量积累脯氨酸<sup>[21-22]</sup>，从而导致植物叶绿素含量的上升；另一种解释与抗坏血酸（Ascorbic acid，简称 AsA）有关，植物在各种因子胁迫下，AsA 是起到主要清除活性氧的抗氧化剂，如 Bashir 等<sup>[23]</sup>（2007）报道大豆 *Glycine max* (L.) 主要通过 AsA-Glu 循环来清除溴氰菊酯产生的各种活性氧；同时，AsA 与植物激素脱落酸、赤霉素的生物合成有紧密关系<sup>[24-25]</sup>。因此，AsA 的积累，可能会引起植物激素含量的上升，从而促进植物生长，最终使烟草叶绿素含量上升。吴坤等<sup>[12]</sup>通过实

验证了重金属镉胁迫下，烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b 和类胡萝卜素含量减少的同时，生长素氧化酶（IAAO）活性降低，生长素（IAA）、脱落酸（ABA）、赤霉素（GA3）、玉米素（Z）的含量减少。因此，我们认为阿维菌素、吡虫啉和啉虫脒促进烟草幼苗叶绿素含量上升的原因，有可能是 3 种杀虫剂最终能促使烟草激素含量上升造成的。但这些推论，都有待于通过试验来进一步验证。

叶绿体色素包括叶绿素 a、叶绿素 b 以及类胡萝卜素。叶绿素 a 的主要功能是将汇集的光能转变为化学能进行光化学作用，叶绿素 b 则是由叶绿素 a 在类囊体膜上转化而来的，主要是收集光能。本试验结果表明，烟草幼苗喷施阿维菌素、吡虫啉和啉虫脒后，叶绿素 a 和叶绿素 b 是同步增加的，表明这 3 种杀虫剂未抑制叶绿素 a 向叶绿素 b 的转化，这 3 种杀虫剂对烟草均为正面作用。

类胡萝卜素是绿色植物体内一类重要的内源抗氧化剂，在光合作用中具有吸收和传递光能的作用，不参与光化学反应；同时，类胡萝卜素还可以通过叶黄素循环，吸收并耗散多余的光能，防止强光对叶绿素的破坏作用<sup>[22]</sup>。但我们认为本试验，阿维菌素、吡虫啉和啉虫脒处理烟草叶片中类胡萝卜素含量的增加，是由于生长的结果，而不是由于逆境胁迫造成的。

叶绿素 a/b 常被作为评定作物品种的抗逆性指标<sup>[26]</sup>。从试验结果看，喷施阿维菌素、吡虫啉和啉虫脒后，烟草叶绿素 a/b 均呈下降趋势，表明这 3 种杀虫剂会降低烟草对逆境的抗性。甲维盐尽管导致烟草幼苗叶绿素含量下降，但通过叶绿素 a/b 的调节（上升），则有利于烟草对逆境的抗性。

张纪利等<sup>[27]</sup>研究报道施钼可增加烟草叶片叶绿素含量及烟草产量。因此，从本试验结果看，阿

维菌素、吡虫啉和啶虫脒这3种杀虫剂均有可能增加烟草的产量,其中阿维菌素增加产量最大,吡虫啉增加产量最少,而甲维盐则会减少烟草的产量。

## 4 结 论

阿维菌素、吡虫啉和啶虫脒在本试验所用浓度范围内,能引起烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量上升,有促进烟草幼苗生长的作用,但叶绿素 a/b 的下降,则不利于烟草幼苗对逆境的抗性。

甲维盐在本试验所用浓度范围内,能引起烟草幼苗叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素总量和类胡萝卜素含量下降,有降低烟草幼苗生长的作用,但叶绿素 a/b 的上升,则有利于烟草幼苗对逆境的抗性。

### 参考文献

- [1] 曾钰. 我国烟蚜防治研究概述[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(2): 826-827.
- [2] 李月红,姚淑英,陈桂华,等. 烯啶虫胺、吡蚜酮及啶虫脒防治烟粉虱田间药效试验[J]. 浙江农业科学, 2008(2): 202-203.
- [3] 任广伟,王秀芳,高汉杰,等. 3%啶虫脒乳油防治烟蚜田间药效试验[J]. 现代农药, 2005, 4(2): 42-43.
- [4] 张汉千,赖荣泉,黄光伟,等. 吡虫啉类杀虫剂对烟蚜的防治效果研究[J]. 福建农业科技, 2008(6): 59-60.
- [5] 李生吉. 烟粉虱的发生与防治措施[J]. 山东农业科学, 2009(6): 77-78.
- [6] 闵亮,谭亮魁,王文凯. 湖北省烟粉虱的发生动态及防治研究进展[J]. 长江大学学报:自然科学版—农学, 2008, 5(3): 9-12.
- [7] Visser J H. Host odor perception in phytophagous insects[J]. Ann Rev Entomol, 1986, 31: 121-144.
- [8] Lloyd R W, Krieg D R. Cotton development and yield as affected by insecticides[J]. J Econ Entomol, 1987(80): 854-858.
- [9] 张巧丽. 1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐乳油防治烟青虫药效研究[J]. 现代农业科技, 2010(11): 156-159.
- [10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2002: 134-138.
- [11] 赵世杰,史安国,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社, 2002: 55-58.
- [12] 吴坤,吴中红,郇付菊,等. 镉胁迫对烟草叶激素水平、光合特性、荧光特性的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(16): 4517-4524.
- [13] 陈鹏. Zn、Cd、Pb 在烟株内的积累及对烟草某些生理生化指标的影响[J]. 科技信息, 2009(25): 761-762.
- [14] 石贵玉,秦丽凤,陈耕云. 铬对烟草组培苗生长和某些生理指标的影响[J]. 广西植物, 2007, 27(6): 899-902.
- [15] 张艳英,刘鹏,徐根娣,等. 铜胁迫对烟草幼苗生长和生理特征的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(3): 32-35.
- [16] 关广晟,屠乃美,肖汉乾,等. 镁对烟草生长及叶片叶绿素荧光参数的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 151-155.
- [17] 黄勇,周冀衡,郑明,等. UV-B 对烟草生长发育及次生代谢的影响[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 140-144.
- [18] 金雅琴,李冬林,丁雨龙,等. 盐胁迫对乌桕幼苗光合特性及叶绿素含量的影响[J]. 南京林业大学学报:自然科学版, 2011, 35(1): 29-33.
- [19] 朱英华,屠乃美,肖汉乾,等. 硫对烟草叶片光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(3): 1000-1005.
- [20] 王忠. 植物生理学[M]. 北京:中国农业出版社, 2008: 128-133.
- [21] 董晓霞,赵树慧,孔令安. 苇状羊茅盐胁迫下生理效应的研究[J]. 草业科学, 1998, 15(5): 10-13.
- [22] 夏阳,孙明高,李国雷,等. 盐胁迫对四园林绿化树种叶片中叶绿素含量动态变化的影响[J]. 山东农业大学学报:自然科学版, 2005, 36(1): 30-34.
- [23] Bashir F, Mahmooduzzafar T O, Siddiqi, et al. The antioxidative response system in Glycine max (L.) Merr. exposed to Deltamethrin, a synthetic pyrethroid insecticide [J]. Environ Pollut, 2007, 147: 94-100.
- [24] Davey M W, Van Montagu M, Inzed, et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing [J]. J Sci Food and Agri, 2000, 80: 825-860.
- [25] Conklin P L. Recent advance in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants [J]. Plant Cell Environ, 2001, 24: 383-394.
- [26] 张明生,谈锋. 甘薯可溶性蛋白、叶绿素及 ATP 含量变化与品种抗旱性关系的研究[J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 13-16.
- [27] 张纪利,李余湘,罗红香,等. 施钼对烟草叶绿素含量、光合速率、产量及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(2): 24-28.