

文章编号:1004-1478(2011)01-0009-04

## 钛营养对烤烟生长过程中 生理特性的影响

张蕊<sup>1</sup>, 许自成<sup>1</sup>, 李志刚<sup>1</sup>, 苏永士<sup>2</sup>, 苏富强<sup>2</sup>, 陈彦春<sup>2</sup>

(1. 河南农业大学烟草学院, 河南 郑州 450002;

2. 河南省烟草公司三门峡市公司, 河南 三门峡 472000)

**摘要:**研究了不同浓度钛溶液灌根对烤烟生长过程中各种生理特性的影响. 结果表明:在伸根期用适量的钛肥灌根,能增加烤烟叶片中叶绿素、类胡萝卜素含量和转化酶活性,可以促进烤烟的光合作用,有利于烟草同化产物的转化和利用,同时也能够提高烤烟叶片中SOD和POD活性,降低MDA含量,明显降低烟叶中细胞膜脂过氧化程度,提高烤烟抗衰老能力和抗逆性. 上述作用,在钛肥灌根的短期内,效果尤为明显,其中富钛增效剂稀释600倍灌根效果最好.

**关键词:**钛;烤烟;生理特性;转化酶;叶绿素;类胡萝卜素

中图分类号:TS411

文献标志码:A

### Effect of titanium nutrient on physiological properties during the growth course of flue-cured tobacco

ZHANG Rui<sup>1</sup>, XU Zi-cheng<sup>1</sup>, LI Zhi-gang<sup>1</sup>, SU Yong-shi<sup>2</sup>, SU Fu-qiang<sup>2</sup>, CHEN Yan-chun<sup>2</sup>

(1. College of Tobacco Sci., He'nan Agr. Univ., Zhengzhou 450002, China;

2. Co. of Sanmenxia City of He'nan Tobacco Co., Sanmenxia 472000, China)

**Abstract:** The effects of titanium added to soil on some physiological property were studied. The results showed that the content of chlorophyll, carotenoid and the invertase activity were increased after irrigating right amount titanium at root elongation stage, titanium could promote photosynthesis in flue-cured tobacco, which also was beneficial for the transformation and utilization of assimilate. At the same time, titanium could improve the activities of POD and SOD, but reduced MDA contents, thus decreasing the degree of membrane-lipid peroxidation and enhancing the ability of anti-ageing and stress resistance. The effect of titanium fertilizer irrigated root was obviously reflected in a short time. When rich-titanium synergist diluted 600 times was poured to root, the result was better than other concentrations.

**Key words:** titanium; flue-cured tobacco; physiological property; invertase; chlorophyll; carotenoid

收稿日期:2010-09-08

基金项目:河南省烟草专卖局科技攻关项目(HYKJ200718;HYKJ200804)

作者简介:张蕊(1985—),女,内蒙古自治区兴安盟人,河南农业大学硕士研究生,主要研究方向为烟草营养.

通信作者:许自成(1964—),男,河南省汝南县人,河南农业大学教授,博士,主要研究方向为烟草品质生态、烟草营养与烟叶质量评价.

### 0 引言

钛是地球表面分布较为广泛的元素之一,是地球上藏量占第9位的元素,平均丰度为0.6 g TiO<sub>2</sub>/kg,在地壳中的含量约为0.6%<sup>[1-2]</sup>.虽然至今尚未证实钛是植物生长所必需的营养元素,但国内外对植物中钛含量及其作用进行的大量研究<sup>[3-5]</sup>表明:施用钛肥能够增加植物叶片中叶绿素的含量,提高光合效率;促进植物对一些养分的吸收和运转;激活植物体内多种酶,提高作物的抗逆性;在提高作物的产量和改善作物品质方面具有明显的作用.

目前,有关钛营养在水稻<sup>[6]</sup>、小麦<sup>[7-9]</sup>、大豆<sup>[10]</sup>等作物上的研究较多.而对钛肥在烟草中的应用研究不多,仅在烤烟产量、产值及抗病性<sup>[11-12]</sup>等方面有少量研究.由于烟叶品质与烟株生理生化有密切联系,本文拟以烤烟为材料,采用不同浓度钛肥灌根的盆栽试验方法,比较烤烟生长过程中不同时期的生理指标,研究烤烟生长过程的主要生理特性,以期寻求适宜烤烟生长的最佳钛用量.

### 1 实验

#### 1.1 实验设计

实验于2009年在河南科技大学农场进行,供试土壤类型为褐土,质地为砂壤土,pH=7.21,有机质含量为2.02%,碱解氮含量为64.3×10<sup>-4</sup>%,速效磷含量为17.5×10<sup>-4</sup>%,速效钾含量为15.95×10<sup>-3</sup>%,阳离子交换量CEC为18.4×10<sup>-2</sup> mol/kg.供试烤烟品种为K326.

盆栽实验采用内径40 cm,高35 cm的塑料盆,每盆装土20.0 kg.试验所用钛肥为富钛增效剂,由中国科技大学提供.各处理基肥用量完全一致,所用肥料为硝酸铵磷、过磷酸钙和硫酸钾,每盆纯氮用量为5 g,氮磷钾比例为1:1:3.试验共设计5个浓度,分别将富钛增效剂稀释1 000倍(T<sub>1</sub>),800倍(T<sub>2</sub>),600倍(T<sub>3</sub>),400倍(T<sub>4</sub>)和200倍(T<sub>5</sub>),在伸根期(移栽后15 d)灌根,以灌清水为对照(CK),溶液用量为1 L,每个处理栽种15株.移栽后,每盆栽烟苗1株,行株距1.10 m×0.55 m,其他大田管理措施按优质烟叶生产技术要求进行.

#### 1.2 样品采集及指标测定方法

1.2.1 样品采集 分别在烤烟移栽后第35 d,50 d,65 d,80 d随机取样,摘取各处理3株烟苗的

第6片叶(从上往下数),用蒸馏水洗净,去除主侧脉后剪碎混合,立即放入低温冰箱中保存待用.

1.2.2 指标测定方法 叶绿素含量的测定方法参见文献[13].超氧化歧化酶(SOD)活性测定方法参见文献[14].过氧化物酶(POD)活性按愈创木酚法<sup>[15]</sup>测定:于470 nm波长下测反应体系每min吸光度的增加量,用开始的线性部分计算酶活性,1个酶活性为每min吸光值增加0.1 OD值.丙二醛(MDA)含量的测定采用硫代巴比妥酸加热显色法.转化酶(INV)活性的测定采用3,5-二硝基水杨酸法<sup>[16]</sup>.

1.2.3 统计分析方法 试验数据处理采用SPSS 17.0统计软件进行,多重比较采用Duncan法.

### 2 结果与讨论

#### 2.1 施钛量对烤烟光合色素含量及转化酶活性的影响

2.1.1 不同施钛量处理烤烟中叶绿素和类胡萝卜素含量的变化情况 不同施钛量处理的烤烟叶绿素和类胡萝卜素含量测定结果见表1.

表1 不同施钛量处理的烤烟叶绿素和类胡萝卜素含量测定结果

指标	处理	35 d	50 d	65 d	80 d
叶绿素 a 含量/ (mg · kg <sup>-1</sup> · FW)	CK	0.700 <sup>d</sup>	0.486 <sup>c</sup>	1.194 <sup>abc</sup>	1.434 <sup>d</sup>
	T <sub>1</sub>	0.708 <sup>d</sup>	0.555 <sup>b</sup>	1.244 <sup>ab</sup>	1.463 <sup>d</sup>
	T <sub>2</sub>	0.948 <sup>a</sup>	0.599 <sup>b</sup>	1.249 <sup>ab</sup>	1.594 <sup>c</sup>
	T <sub>3</sub>	1.001 <sup>a</sup>	0.672 <sup>a</sup>	1.301 <sup>a</sup>	1.796 <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub>	0.779 <sup>c</sup>	0.560 <sup>b</sup>	1.161 <sup>bc</sup>	1.736 <sup>a</sup>
	T <sub>5</sub>	0.848 <sup>b</sup>	0.598 <sup>b</sup>	1.097 <sup>c</sup>	1.664 <sup>b</sup>
叶绿素 b 含量/ (mg · kg <sup>-1</sup> · FW)	CK	0.171 <sup>d</sup>	0.117 <sup>c</sup>	0.296 <sup>ab</sup>	0.349 <sup>d</sup>
	T <sub>1</sub>	0.181 <sup>cd</sup>	0.150 <sup>b</sup>	0.290 <sup>ab</sup>	0.384 <sup>c</sup>
	T <sub>2</sub>	0.242 <sup>a</sup>	0.145 <sup>b</sup>	0.305 <sup>ab</sup>	0.423 <sup>b</sup>
	T <sub>3</sub>	0.264 <sup>a</sup>	0.164 <sup>a</sup>	0.328 <sup>a</sup>	0.475 <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub>	0.196 <sup>bc</sup>	0.142 <sup>b</sup>	0.281 <sup>b</sup>	0.421 <sup>b</sup>
	T <sub>5</sub>	0.214 <sup>b</sup>	0.164 <sup>a</sup>	0.245 <sup>c</sup>	0.429 <sup>b</sup>
叶绿素总含量/ (mg · kg <sup>-1</sup> · FW)	CK	0.870 <sup>d</sup>	0.603 <sup>c</sup>	1.489 <sup>abc</sup>	1.782 <sup>d</sup>
	T <sub>1</sub>	0.889 <sup>cd</sup>	0.706 <sup>b</sup>	1.535 <sup>ab</sup>	1.847 <sup>d</sup>
	T <sub>2</sub>	1.190 <sup>a</sup>	0.744 <sup>b</sup>	1.555 <sup>ab</sup>	2.017 <sup>c</sup>
	T <sub>3</sub>	1.264 <sup>a</sup>	0.836 <sup>a</sup>	1.628 <sup>a</sup>	2.271 <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub>	0.975 <sup>bc</sup>	0.703 <sup>b</sup>	1.442 <sup>bc</sup>	2.157 <sup>b</sup>
	T <sub>5</sub>	1.062 <sup>b</sup>	0.762 <sup>ab</sup>	1.342 <sup>c</sup>	2.093 <sup>bc</sup>
类胡萝卜素含量/ (mg · kg <sup>-1</sup> · FW)	CK	0.226 <sup>d</sup>	0.206 <sup>c</sup>	0.348 <sup>a</sup>	0.383 <sup>d</sup>
	T <sub>1</sub>	0.217 <sup>d</sup>	0.256 <sup>b</sup>	0.364 <sup>a</sup>	0.393 <sup>d</sup>
	T <sub>2</sub>	0.278 <sup>b</sup>	0.236 <sup>cd</sup>	0.365 <sup>a</sup>	0.455 <sup>a</sup>
	T <sub>3</sub>	0.348 <sup>a</sup>	0.274 <sup>a</sup>	0.367 <sup>a</sup>	0.468 <sup>a</sup>
	T <sub>4</sub>	0.240 <sup>cd</sup>	0.228 <sup>d</sup>	0.353 <sup>a</sup>	0.437 <sup>b</sup>
	T <sub>5</sub>	0.262 <sup>bc</sup>	0.252 <sup>bc</sup>	0.317 <sup>b</sup>	0.413 <sup>c</sup>

注:同列上标字母不同,表示处理间差异达到了5%显著水平,下同.

由表1可以看出,移栽后35 d, T<sub>3</sub>除与T<sub>2</sub>差异不显著外,与其他处理间的差异均达到了显著水平;移栽后50 d, T<sub>3</sub>除与T<sub>5</sub>差异不显著外, T<sub>3</sub>处理叶绿素总量均显著高于其他处理;移栽后65 d, T<sub>3</sub>仅与T<sub>4</sub>和T<sub>5</sub>间差异达到了显著水平,但叶绿素总量仍高于其他处理;移栽后80 d, T<sub>3</sub>处理叶绿素总量均显著高于其他处理. 类胡萝卜素含量在移栽后35 d和50 d, T<sub>3</sub>均显著高于其他处理;移栽后65 d, T<sub>3</sub>仅与T<sub>5</sub>差异显著;而移栽后80 d, T<sub>3</sub>仅与T<sub>2</sub>差异不显著,与其他处理间的差异达到了显著水平. 整体上各处理随着生育期的延长,叶绿素和类胡萝卜素含量呈升高趋势,移栽后的4个时期里,其含量多以T<sub>3</sub>处理最高,CK处理最低,4个时期T<sub>3</sub>的叶绿素总量较CK分别增加了45.28%,38.64%,9.34%和27.44%,而类胡萝卜素含量则较CK分别增加了53.98%,33.01%,5.46%和22.19%. 上述比较与分析表明,在烤烟伸根期用钛肥灌根,有利于增加烤烟叶片中叶绿素和类胡萝卜素的含量.

**2.1.2 不同施钛量处理的烤烟叶片中转化酶活性的变化情况** 对不同处理烤烟在移栽后第35—80 d的生理特性的平均值进行比较,结果见表2.

表2 不同施钛量处理的烤烟生理特性的多重比较

处理	SOD 活性/ (U · g <sup>-1</sup> · FW)	POD 活性/ (ΔOD450 · min <sup>-1</sup> · g <sup>-1</sup> · FW)	MDA 含量/ (μmol · g <sup>-1</sup> · FW)	INV 活性/ (mg · g <sup>-1</sup> · FW · h <sup>-1</sup> )
CK	134.03 <sup>d</sup>	0.53 <sup>d</sup>	10.71 <sup>a</sup>	3.86 <sup>d</sup>
T <sub>1</sub>	158.91 <sup>b</sup>	0.60 <sup>bc</sup>	10.00 <sup>ab</sup>	5.35 <sup>c</sup>
T <sub>2</sub>	168.66 <sup>b</sup>	0.65 <sup>ab</sup>	8.68 <sup>c</sup>	7.69 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	187.15 <sup>a</sup>	0.71 <sup>a</sup>	7.99 <sup>c</sup>	8.01 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	159.73 <sup>b</sup>	0.61 <sup>bc</sup>	9.56 <sup>b</sup>	6.18 <sup>b</sup>
T <sub>5</sub>	147.12 <sup>c</sup>	0.59 <sup>cd</sup>	10.17 <sup>ab</sup>	5.39 <sup>c</sup>

由表2可以看出, T<sub>3</sub>处理转化酶活性高于其他几个处理,但与处理T<sub>2</sub>间差异不显著. 不同施钛量处理烤烟转化酶活性变化情况见图1.

由图1可以看出,各处理烤烟4个时期INV活性逐渐升高,在移栽后80 d达到最大. 富钛增效剂稀释600倍时的INV活性高于对照及其他处理,表明该浓度的钛能提高转化酶活性,促使碳代谢增强,碳水化合物生产量大,较高的碳代谢为烟叶的生长和其他有机化合物的形成提供了较多的碳架,利于烟草同化产物的转化和利用;无钛和钛浓度不合适都使烟草叶片对光合产物的利用强度减弱.

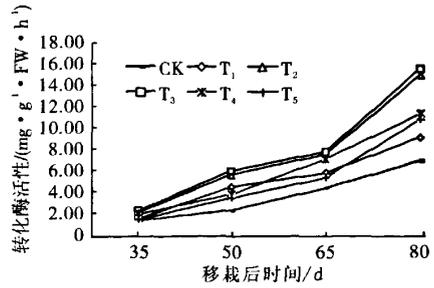


图1 不同施钛量处理烤烟转化酶活性变化情况

**2.2 不同施钛量处理烤烟叶片中保护酶活性和MDA含量的变化情况**

**2.2.1 SOD活性比较** SOD是植物氧代谢的关键酶,它可消除作物体内活性氧的积累,使活性氧形成H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,抑制膜内不饱和酸分解产物丙二醛的累积,保持和修复细胞膜,因此,SOD活性的强弱反映了植物本身清除活性氧能力的大小. SOD活性的方差分析表明,各生育时期间及各处理间差异极显著;从表2的多重比较结果可以看出:T<sub>3</sub>处理与其他各处理间差异显著, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>4</sub>间差异不显著. 不同施钛量处理烤烟SOD活性变化情况见图2.

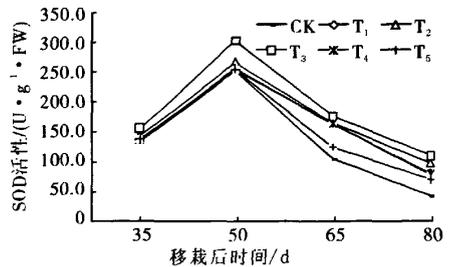


图2 不同施钛量处理烤烟SOD活性变化情况

由图2可以看出,6种处理烟叶在移栽后第35—50 d, SOD活性逐渐升高,其中T<sub>3</sub>, T<sub>2</sub>处理SOD活性稍高于其他处理,从移栽后50 d开始, SOD活性逐渐下降,接近成熟时, SOD活性最大的是处理T<sub>3</sub>,最小的是处理CK,说明处理T<sub>3</sub>能更好地消除活性氧,抵抗烟株早衰.

**2.2.2 过氧化物酶活性比较** 自由基衰老学说认为,植物衰老的过程是活性氧代谢失调并不断积累的过程. POD分解代谢所产生的H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>等过氧化物,清除活性氧是植物对逆境或成熟及衰老进程的反应. POD活性的方差分析表明,各生育时期间及各处理间差异极显著;从表2可以看出:处理T<sub>3</sub>除与

T<sub>2</sub> 差异不显著外,与其他处理间的差异均达到显著水平,T<sub>1</sub>,T<sub>2</sub>,T<sub>4</sub> 间的差异不显著.不同施钛量处理烤烟的 POD 活性变化情况见图 3.

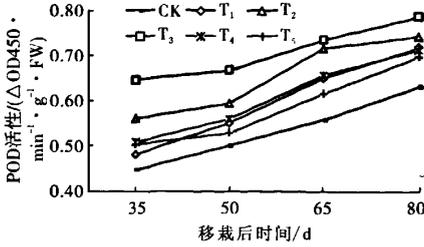


图 3 不同施钛量处理烤烟 POD 活性变化情况

由图 3 可以看出,6 种处理烟叶在移栽后第 35—80 d,POD 活性都表现出逐渐升高的趋势.整个生育期的中后期 POD 活性增加速率要高于前期,且均以 T<sub>3</sub> 处理最高,CK 最低,说明 T<sub>3</sub> 处理在消除活性氧、抵抗衰老耐成熟方面更优于其他 5 种处理.

**2.2.3 丙二醛含量的比较** MDA 是膜质过氧化的最终产物,它能与蛋白质结合,引起蛋白质分子内和分子间的交联及生物膜中结构蛋白与酶的聚合和交联,使它们的结构功能和催化功能发生变化而受到破坏<sup>[17]</sup>,因此生物学上 MDA 含量可以反映膜质过氧化程度,含量越高表明植物抗逆和抗衰老能力越弱<sup>[18]</sup>.MDA 含量的方差分析结果显示,处理间及不同生育期间差异极显著.不同施钛量处理烤烟 MDA 含量的变化情况见图 4.

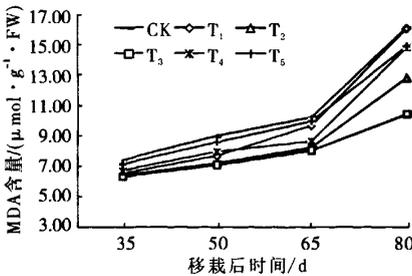


图 4 不同施钛量处理烤烟 MDA 含量的变化情况

由图 4 可以看出,6 种处理的烤烟 MDA 含量均逐渐升高,后期增长速率要高于前期,且 CK 处理的 MDA 含量最高,T<sub>3</sub> 的 MDA 含量最低,其他 4 种处理介于两者之间,这在对处理间的 MDA 含量平均数的多重比较结果中也得到验证,T<sub>2</sub>,T<sub>3</sub> 处理与其他各处理差异显著,CK,T<sub>1</sub>,T<sub>5</sub> 间差异不显著,但 MDA 含量仍以 CK 最高,整体表现为 CK > T<sub>5</sub> > T<sub>1</sub> > T<sub>4</sub> >

T<sub>2</sub> > T<sub>3</sub>.这说明烤烟根施稀释 600 倍的富钛增效剂后能减弱烟叶的膜质过氧化作用,提高烟株的抗衰老能力.

### 3 结论

富钛增效剂可以提高烤烟叶片光合色素的含量,其中富钛增效剂稀释 600 倍时灌根效果最好,在此浓度下,整个生育期间烤烟叶片叶绿素、类胡萝卜素含量平均分别达到了 1.50 mg · kg<sup>-1</sup> · FW 和 0.38 mg · kg<sup>-1</sup> · FW,较对照增加了 26.45% 和 25.28%,说明钛营养有助于烟叶对光能的吸收,促进烟株的光合作用,同时钛可以促使植物体内形成一种保护机构,保护受光激发的叶绿素免遭光氧化的破坏,并使光合膜免遭活性氧的危害或降低其受损程度,有助于提高烟株抗光抑制的能力,以保证光合作用得以高效运转.

研究表明,T<sub>3</sub> 处理烤烟的转化酶活性显著高于其他各处理烤烟,有利于淀粉和蔗糖的降解或转化.随着生育期的延长,SOD 活性先升高后降低,到了生育后期其活性最低,可能正是由于 SOD 活性的降低,使细胞中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 积累增加,加速烟株生育后期叶片的衰老和膜质过氧化产物 MDA 的快速增加.POD 则具有双重作用,在逆境或衰老初期,清除自由基,表现为保护作用,也可在逆境或衰老后期形成活性氧,此时则表现为伤害效应,本试验中 POD 活性在整个生育期内不断上升,可能是其在不同阶段扮演的角色不同而造成的.同时,本研究中施用适量钛的处理,其烤烟叶片 MDA 含量都要低于其他处理,POD 和 SOD 活性则要高于其他处理,说明钛能够激活植物体内 POD 等多种酶的活性,可以提高作物抗性.施钛处理可使烤烟维持较高的 SOD,POD 和较低的 MDA 与膜脂过氧化水平,原因可能是因为钛能帮助烤烟维持较强的活性氧清除系统的活力,从而在一定程度上维持了活性氧产生与清除间的动态平衡.

### 参考文献:

[1] [苏联]卢卡舍夫 K N,卢卡舍夫 B K.表生带地球化学[M].曾志远,译.北京:科学技术文献出版社,1992:43.

由表6可以看出:氧化异佛尔酮添加量在 $10^{-2}\%$ ~ $1.5 \times 10^{-2}\%$ 时,能明显增加烟香和烟气浓度,并且不会影响卷烟整体的协调性和其他指标。

### 3 结论

该6种单体香料在卷烟中的用量很小,但对卷烟感官质量的改善效果很明显,在清香型二类卷烟中应用时,较为理想的用量为:茄酮 $37.5 \times 10^{-4}\%$ ~ $50.0 \times 10^{-4}\%$ ,巨豆三烯酮为 $50.0 \times 10^{-4}\%$ ~ $75.0 \times 10^{-4}\%$ ,二氢猕猴桃内酯 $3.75 \times 10^{-4}\%$ ~ $5.00 \times 10^{-4}\%$ , $\beta$ -二氢大马酮 $7.5 \times 10^{-4}\%$ ~ $12.5 \times 10^{-4}\%$ ,2-乙酰吡嗪 $10^{-4}\%$ ~ $2.0 \times 10^{-4}\%$ ,氧化异佛尔酮 $10^{-2}\%$ ~ $1.5 \times 10^{-2}\%$ 。

#### 参考文献:

- [1] 周富臣,戚万敏.氧化异佛尔酮及其在卷烟加香中的作用[J].烟草科技,1997(1):29.  
 [2] 宗永立,祁秀香,罗丽娜. $\beta$ -二氢大马酮的合成和加香作用研究[J].中国烟草学报,1997(3):26.  
 [3] 陈永宽,孔宁川,杨伟祖,等.二氢猕猴桃内酯的合成

及作为卷烟香料的作用[J].中国烟草学报,2003,9(2):10.

- [4] 毛多斌,王加深,贾晓春,等.茄酮及其降解产物在烟草加香中的应用研究[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,1998,13(3):6.  
 [5] 金闻博,张悠金.烟用香精香料[M].合肥:中国科技大学出版社,1992.  
 [6] 王建林,杨少元.巨豆三烯酮的合成及表征[J].化工中间体,2005(6):68.  
 [7] 毛多斌,马宇平,梅业安.卷烟配方和香精香料[M].北京:化学工业出版社,2001.  
 [8] 闫克玉.卷烟烟气化学[M].郑州:郑州大学出版社,2002.  
 [9] 陈良元.卷烟生产工艺技术[M].郑州:河南科学技术出版社,2002.  
 [10] 欧阳文,王晶晶,徐若飞.卷烟中主致香物对香味的作用及在增香剂中的应用[J].烟草科学研究,2004(4):40.  
 [11] 闫克玉.烟草化学[M].郑州:郑州大学出版社,2002.  
 [12] 张槐苓,马林,姚光明,等.卷烟工艺学[M].北京:中国轻工业出版社,1997.

#### (上接第12页)

- [2] 孙红忠,韩千红,夏远新,等.作物施钛研究进展[J].安徽农业科学,1998,26(4):316.  
 [3] 汤锡珂.钛与植物生长[J].植物杂志,1992(3):30.  
 [4] Pais I. The biological importance of titanium[J]. J of Plant Nutrition,1983,6(1):3.  
 [5] 杨奕味.对植物有益的元素——钛[J].磷肥与复肥,1994(2):83.  
 [6] 温劲波,田蓉屏.钛化合物对水稻产量效应初探[J].稀有金属,1995,19(5):394.  
 [7] 张启峰,张世平,卢从明,等.钛对小麦幼苗光合特性的影响[J].植物营养与肥料学报,1996,2(1):84.  
 [8] 徐黎,林世青,温晓刚,等.钛对小麦叶片叶绿素荧光动力学的影响[J].植物学集刊,1994(7):339.  
 [9] 张元湖,樊继莲,曾英松,等.整合钛提高冬小麦抗旱性的研究[J].山东农业大学学报,1995,26(1):111.  
 [10] 赵久明,戴建军.钛肥对大豆产量及品质的影响[J].东北农业大学学报,1998,29(1):27.

- [11] 那万江.烤烟应用“钛施宝”植物生长调节剂[J].新农业,2003(10):40.  
 [12] 唐晓东.钛化合物在农作物上的应用技术与效果[J].钽钛,1995(2):36.  
 [13] 朱广廉,钟诲文,张爱琴.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990.  
 [14] 刘碧容,甄畅迪,萧洪东,等.硼对草坪草超氧化物歧化酶活性、超氧阴离子产生速率和丙二醛含量的影响[J].华中农业大学学报,2008,27(3):378.  
 [15] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003.  
 [16] 何仲佩.农作物化学控制实验指导[M].北京:北京农业大学出版社,1998.  
 [17] 王建华,刘鸿先,徐同.超氧化物歧化酶(SOD)在植物逆境和衰老生理中的作用[J].植物生理学通讯,1989(1):1.  
 [18] 王瑞新.烟草化学[M].北京:中国农业出版社,2003.