

# 烤烟缓释肥料对烟株根系和光合特性的影响\*

张雪芹<sup>1,2</sup> 彭克勤<sup>1\*\*</sup> 王少先<sup>1,3</sup> 李再军<sup>1,4</sup>

(1. 湖南农业大学植物激素与生长发育重点实验室 长沙 410128; 2. 福建省亚热带植物研究所 厦门 361006;  
3. 湖南中烟工业公司技术中心 长沙 410001; 4. 贵州省贵阳市烟草分公司 贵阳 550000)

**摘要** 试验研究了烟草缓释肥料对烟株根系活力、叶片光合特性、烟株干物质积累以及产量和产值的影响。结果表明,施用烟草缓释肥料可显著提高烟株根系活力、叶片叶绿素含量和净光合速率以及烟株干物质的积累,降低胞间CO<sub>2</sub>浓度,其中以每株施用45.45 g烟草缓释肥料的效果最好,其次为每株施用38.63 g烟草缓释肥料。施用烟草缓释肥料能提高烟叶的产量和产值,减少烟草缓释肥料用量的处理虽然降低了烟叶产量,但因改善烟叶品质而提高其产值,缓释肥料对烟叶产值的影响以每株施用38.63 g烟草缓释肥料处理效果最好。

**关键词** 缓释肥料 烤烟 光合特性 根系活力

中图分类号: Q946.885 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2009)03-0454-05

## Effect of slow-release fertilizer on the root system and photosynthesis of flue cured tobacco

ZHANG Xue-Qin<sup>1,2</sup>, PENG Ke-Qin<sup>1</sup>, WANG Shao-Xian<sup>1,3</sup>, LI Zai-Jun<sup>1,4</sup>

(1. The Key Laboratory of Phytohormones and Growth Development, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China;  
2. Fujian Institute of Subtropical Botany, Xiamen 361006, China; 3. China Tobacco & Hunan Industrial Corporation Technology Center, Changsha 410001, China; 4. Guiyang Tobacco Branch, Guiyang 550000, China)

**Abstract** The effect of slow-release fertilizer on the root system, photosynthetic characteristics and dry-matter accumulation in flue-cured tobacco was studied. The yield and output value of flue-cured tobacco leaf were also analyzed in the experiment. The results show that slow-release fertilizer increases tobacco root activity, chlorophyll content, net photosynthetic rate and dry-matter accumulation while reducing inter-cellular CO<sub>2</sub> concentration in flue-cured tobacco leaf. 45.45 g slow-release fertilizer for per plant has the most favorable impact on roots, leaf photosynthetic characteristics and dry-matter accumulation. Also 38.63 g slow-release fertilizer for per plant positively influences these variables. Yield and output value of the leaf are enhanced by slow-release fertilizer. Although yield of tobacco leaf decreases with decreasing application amount of slow-release fertilizer, tobacco output value increases due to the production of high quality tobacco leaf. 38.63 g slow-release fertilizer for per plant has the best effect on tobacco output.

**Key words** Slow-release fertilizer, Flue cured tobacco, Photosynthetic characteristics, Root activity

(Received March 10, 2008; accepted June 27, 2008)

烟叶品质是烤烟生产中的关键问题,其中烟叶含钾量的高低是衡量烤烟品质的重要指标,它受品种、施肥、气候条件和烘烤技术等多种因素影响<sup>[1]</sup>。研究表明,肥料种类及施肥方式是影响烤烟生产和烟叶品质的一项重要因素<sup>[2]</sup>。

根系是作物吸收养分、水分及合成烟碱、氨基酸、激素等物质的重要器官,其发育状况与地上部形态建成和产量密切相关。施肥对根系生长发育具

有显著影响,不仅能改变根系构型,而且直接影响根系生理功能,如根系活力。烟叶产量的90%~95%来自于光合作用的产物,只有5%~10%来自于根系吸收的营养成分。在烟草生产中,除育种为目的外,收获的是烟叶,这是烟草生产的特殊性<sup>[3]</sup>。研究表明,肥料的种类和施用方式影响烟叶的光合特性<sup>[4-6]</sup>。近年来,缓释肥料被称为是21世纪肥料发展的方向<sup>[7]</sup>,国内外已经有大量的研究<sup>[8-10]</sup>,但关于

\* 常德卷烟厂项目“烟草高效BD肥研究开发”资助

\*\* 通讯作者: 彭克勤(1955-),男,教授,博士生导师,主要从事植物矿物质营养与逆境生理研究。E-mail: pkq8055@hunau.net

张雪芹(1979-),女,博士研究生,主要从事植物矿物质营养研究。E-mail: zhqx0506-helen@163.com

收稿日期: 2008-03-10 接受日期: 2008-06-27

烟草缓释肥料的研究尚少见报道。本文在湖南省植物激素与生长发育重点实验室已经成功研制出烟草缓释肥料的基础上, 探索了缓释肥料在烤烟生产中对烟株根系活力、光合特性、干物质积累以及产量和产值的影响, 为进一步完善和发展烤烟施肥技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试肥料与土壤

供试肥料为湖南省烟草生产上大面积使用的临湘产烟草专用配方肥(Tobacco Special Formulated Fertilizer, TSFF)和由常德卷烟厂技术中心与湖南省植物激素与生长发育重点实验室共同研制的缓释肥料(Slow-Release Fertilizer, SRF)。两种肥料 N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O 都为 8 : 12 : 22。烟草缓释肥料是根据湖南省烟草生长发育对养分的需求而设计并采用包膜材料对常规肥料进行包膜研制而成的粉末状肥料, 一次施用烟草缓释肥料即能满足烤烟整个生育时期对养分的需求。

采用盆栽试验, 在湖南农业大学烟草工程中心实验基地进行。供试土壤采自湖南农业大学烟草工程中心实验基地。供试土壤为水稻土, 其理化性状分别为 pH 6.5, 有机质 24.3 g · kg<sup>-1</sup>, 全氮 7.0 g · kg<sup>-1</sup>, 全磷 13.0 g · kg<sup>-1</sup>, 全钾 22.2 g · kg<sup>-1</sup>, 碱解氮 126 mg · kg<sup>-1</sup>, 速效磷 12 mg · kg<sup>-1</sup>, 速效钾 181 mg · kg<sup>-1</sup>。所用塑料盆高 0.3 m, 直径 0.28 m, 每盆装土 12 kg, 栽种烟株 1 棵。

### 1.2 试验设计

试验设 5 个处理: (CK1), 无肥处理(0 g · 株<sup>-1</sup>); (CK2), 施用烟草专用配方肥(TSFF) 45.45 g · 盆<sup>-1</sup>; (SRF), 施用缓释肥料 45.45 g · 盆<sup>-1</sup>; (85%SRF), 施用缓释肥料 38.63 g · 盆<sup>-1</sup>; (70%SRF), 施用缓释肥料 31.85 g · 盆<sup>-1</sup>。所有处理均不再施用其他肥料, 移栽前一次性施肥, 其他管理按烤烟优质栽培管理措施进行。2007 年 3 月 30 日移栽, 6 月 4 日打顶抹杈, 每个处理栽 60 株, 重复 3 次。

### 1.3 取样及测定方法

烟株进入成熟期(5 月 23 日)后, 破坏性地取样, 每次每个处理取 3 株长势较一致的烟株, 用 TTC 法测定其根系活力<sup>[11]</sup>, 用 mg · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup> 表示(每 7 d 取样 1 次, 连续 5 次)。烟株进入旺长期(4 月 30 日)后开始测定光合作用指标, 每 10 d 测定 1 次, 连续 5 次。光合作用指标的测定用 LI-6400 型便携式光合作用测定仪。每次测定时间在上午 8:30~11:00, 红蓝光光源强度设定为 800 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, CO<sub>2</sub> 流量为 400

μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>。测定烟株顶端倒数第 4 片功能叶的光合作用, 每小区重复 3 次。同时打孔法取烟株第 10 片叶的 5~6 叶脉间的叶片, 称取 0.2 g 新鲜叶片, 采用丙酮浸提法测定叶绿素含量, 用 mg · g<sup>-1</sup> (FM) 表示。经济性状考察按照小区挂牌烘烤, 每个小区考察 100 片单叶重量及等级比率, 分析标准按照 GB2635-1992 烤烟国家标准进行, 产量按每小区实际产量计算, 各小区单收单晒, 单独计算产量和产值, 然后按照 16 500 株 · hm<sup>-2</sup> 计算其产量和产值。

采用 DPS(V 6.05)数据处理系统的 LDS 法进行数据统计和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 缓释肥料对烟株根系活力的影响

随着生育期的延后, 各处理根系活力均呈现由弱到强再到弱的变化趋势(表 1)。6 月 7 日烟株根系活力最强, 达到峰值, 6 月 21 日根系活力最弱。烟草缓释肥料可明显提高烟株根系活力, 以处理 的烟株根系活力最强。生育前期, 处理 的根系活力高于处理 和处理 , 但 6 月 14 日和 6 月 21 日, 处理 烟株根系活力低于处理 和处理 。6 月 21 日, 处理 和其他处理之间差异显著; 不同生育期, 处理 和处理 根系活力差异均显著。

### 2.2 缓释肥料对烟叶叶绿素含量的影响

在烤烟生长发育前期(5 月 20 日前), 各处理叶片的叶绿素含量较低。4 月 30 日, 处理 与各施肥处理之间叶绿素含量差异显著, 但各施肥处理之间叶绿素含量差异不显著。从 5 月 20 日到 5 月 30 日, 叶绿素含量增加, 之后略有降低(表 2)。试验表明, 施用缓释肥料可提高叶片叶绿素含量, 以处理 叶片叶绿素含量最高。5 月 30 日和 6 月 9 日, 处理 叶绿素含量与处理 差异不显著。5 月 10 日和 5 月 20 日, 处理 和处理 叶绿素含量差异显著。

### 2.3 缓释肥料对烟草光合性能的影响

#### 2.3.1 缓释肥料对净光合速率的影响

由表 3 可知, 缓释肥料对烟叶净光合速率的影响较小, 各处理净光合速率差异较小。试验结果表明, 烟叶平均净光合速率处理 III > 处理 > 处理 > 处理 > 处理 , 处理 净光合速率最高达 24.17 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 处理 净光合速率最低至 18.64 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>。处理 与处理 净光合速率差异显著, 即施用缓释肥料较烟草专用配方肥能更好地提高烟草叶片净光合速率。叶片净光合速率处理 > 处理 > 处理 , 表明净光合速率的大小同时也受肥料用量多少的影响, 养分供应充足则叶片净光合

表 1 烟草缓释肥料对根系活力的影响

Tab. 1 Effect of slow-release fertilizer on tobacco root activities

mg · g<sup>-1</sup> · h<sup>-1</sup>

日期(月-日) Date (month-day)	I	II	III	IV	V
05-23	35.05 ± 0.65D	43.87 ± 1.03B	47.84 ± 1.01A	36.31 ± 0.53CD	37.26 ± 0.57C
05-30	42.46 ± 0.78C	46.14 ± 1.12B	54.93 ± 0.27A	46.38 ± 0.44B	43.60 ± 0.65C
06-07	50.96 ± 0.53D	63.66 ± 2.00B	75.34 ± 0.67A	55.50 ± 0.90C	49.60 ± 0.82D
06-14	46.02 ± 0.28C	48.26 ± 1.03C	64.45 ± 1.03A	54.50 ± 0.58B	48.38 ± 1.32C
06-21	21.62 ± 1.09E	26.98 ± 0.92D	46.62 ± 1.20A	33.53 ± 0.65B	30.99 ± 0.78C

同列不同大写字母表示差异达 1% 显著水平, 下同。Different capitals in the same column mean significant difference at 1% level. The same below.

表 2 烟草缓释肥料对叶绿素含量的影响

Tab. 2 Effect of slow-release fertilizer on content of tobacco chlorophyll

mg · g<sup>-1</sup> (FM)

日期(月-日) Date (month-day)	I	II	III	IV	V
04-30	0.84 ± 0.02B	1.33 ± 0.08A	1.42 ± 0.06A	1.28 ± 0.07A	1.21 ± 0.14A
05-10	1.22 ± 0.01D	2.11 ± 0.10B	2.85 ± 0.10A	2.24 ± 0.14B	1.57 ± 0.09C
05-20	2.12 ± 0.06C	2.61 ± 0.14B	3.35 ± 0.12A	2.77 ± 0.09B	2.50 ± 0.14B
05-30	7.51 ± 0.07C	15.51 ± 0.51A	15.57 ± 0.55A	13.61 ± 0.58B	8.58 ± 0.33C
06-09	6.99 ± 0.04B	12.38 ± 0.51A	13.32 ± 0.47A	12.65 ± 0.64A	7.34 ± 0.11B

表 3 烟草缓释肥料对净光合速率的影响

Tab. 3 Effect of slow-release fertilizer on tobacco net photosynthetic rate

μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>

日期(月-日) Date (month-day)	I	II	III	IV	V
04-30	19.61 ± 0.60D	21.82 ± 0.44BC	24.17 ± 0.87A	23.34 ± 0.60AB	21.71 ± 0.35C
05-10	18.64 ± 0.48D	19.52 ± 0.34CD	21.54 ± 0.50A	20.05 ± 0.03BC	20.76 ± 0.31AB
05-20	19.97 ± 0.19B	20.52 ± 0.51B	21.51 ± 0.48A	20.19 ± 0.06B	20.08 ± 0.27B
05-30	21.00 ± 0.23C	21.12 ± 1.05BC	23.76 ± 0.49A	22.52 ± 0.30AB	19.61 ± 0.29C
06-09	20.29 ± 0.09D	21.44 ± 0.55BC	22.70 ± 0.37A	22.17 ± 0.67AB	20.99 ± 0.14CD

速率高。处理 I 与处理 II 净光合速率差异不显著。

### 2.3.2 缓释肥料对胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的影响

由表 4 可知, 施肥降低烤烟叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度, 处理 I 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度高于施肥处理, 高达 263.78 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 即处理 I CO<sub>2</sub> 同化力最弱; 各个生育时期, 处理 V 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度最低, 低至 162.72 μmol · m<sup>-2</sup> · s<sup>-1</sup>, 即处理 V CO<sub>2</sub> 同化能力最强。处理 I 与处理 V 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度比较接近, 5 月 20 日之前, 处理 I 和处理 V 的胞间 CO<sub>2</sub> 浓度差异不显著, 5 月 30 日, 处理 I 胞间 CO<sub>2</sub> 浓度高于处理 V, 即生育后期, 施用烟草专用配方肥处理烤烟叶片同化能力减弱。

生育后期(5 月 30 日以后), 减少缓释肥料用量可增高胞间 CO<sub>2</sub> 浓度, 其大小为处理 I < 处理 II < 处理 III < 处理 IV < 处理 V。

### 2.4 缓释肥料对烟草干物质积累的影响

从移栽到收获, 烤烟的干物质积累呈“S”型曲线。烤烟移栽后的前 20 d, 各处理干物质积累量不到收获时总干重的 1%, 此期间, 烟株处于缓苗期或生根期, 生物量很小, 干物质积累缓慢增加。从移栽后的第 40 d 开始, 干物质积累进入对数增长阶段,

干物质对数增长期为移栽后的 40~80 d, 这一时期, 各施肥处理烟株干物质积累量占整个生育期干物质积累总量的 76%~85%(图 1)。不同生育期, 均以处理 I 干物质积累量最少, 且与其他处理之间差异显著。各生育时期, 处理 I 与处理 V 干物质积累差异显著。减少肥料用量降低干物质积累, 移栽后 20 d,

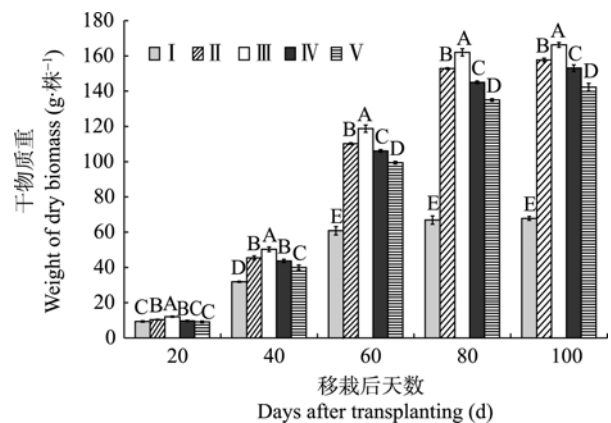


图 1 盆栽试验烟草干物质积累动态

Fig. 1 Dry biomass accumulation dynamic of tobacco

处理、干物质积累差异不显著,其余生育时期,干物质积累大小为处理>处理>处理,且处理、差异显著;处理与处理、干物质积累差异不显著。移栽后40 d内,处理与处理干物质积累量差异不显著。移栽后60~100 d,各处理干物质积累量差异显著。该结果表明,肥料用量和肥料类型同时影响干物质积累,但肥料用量对干物质积累的影响大于肥料种类对干物质积累的影响。

### 2.5 缓释肥料对烟草产量和产值的影响

缓释肥料不仅影响烤烟植株的生长发育和光合性能,且还影响烤烟的产量和产值(表5)。由表5可知,施肥可明显提高烟叶的产量和产值,改善烟叶品质。试验结果表明,处理烟叶的可用性较小,施用缓释肥料可提高烟叶产量和产值,适量减少肥料用量虽降低了烟叶产量,但提高了烟叶的品质和产值。缓释肥料处理与烟草专用配方肥处理相比,产量增加10.45%,但产值却增加12.55%,两个处理烟叶平均价格差异不显著。减少缓释肥料用量15%的处理与处理产量比较接近,处理产量是处理的1.013倍,但产值却比处理增加11.29%。处理产量明显低于处理,但其产值与处理差异不显著,其烟叶的平均价格反而高于处理。烟叶价格的高低与烟叶品质密切相关,考虑到肥料用量和成本价格,处理的烟叶品质和增值效果都高于处理,即适当减少缓释肥料用量虽然降低了烟叶产量,但提高了烟叶品质。减少缓释肥料30%的处理的产量和产值分别为施用烟草专用配方肥处理的81.4%和78.3%,且烟叶的平均价格低于处理,明显不利于烤烟“优质适产”的要求。

## 3 讨论

根系是植物从土壤中吸收和运输水分及溶解在水中的矿质元素的器官,是土壤资源的直接利用者和作物产量及品质形成的重要贡献者<sup>[11]</sup>,故提高根系活力,尤其是维持烟草生育后期的根系活力,是调节烟叶品质的重要措施<sup>[12]</sup>。在我国烟草生产中,生育后期常因烟株根系活力下降,营养供应不足,尤其是钾肥的不足而导致烟叶钾含量过低,限制烟叶品质的提高。杨铁钊等<sup>[13]</sup>的研究表明,上部叶绝对钾含量与根系总吸收面积相关显著( $r=0.7555^*$ ),但与根系活跃吸收面积相关性不大( $r=0.4389^*$ )。因此认为提高烟叶钾含量应特别重视培育强大的根系。马新明等<sup>[14]</sup>研究指出,烟草根系发育无论是苗期还是大田期都与地上部存在密切联系,根部性状与地上部农艺性状(株高、叶片数、叶面积等)之间呈显著正相关。根干重、根数、根系活力与烟碱含量之间呈显著正相关,与糖含量呈负相关,根系对烟草产量及品质都有重要的调节作用<sup>[15-17]</sup>。本试验结果表明,施用缓释肥料能明显促进根系生长,提高根系活力,尤其生育后期的根系活力,并通过提高生育后期的根系活力而提高烟叶含钾量和品质,达到提高烟叶产值的目的。生育后期,减少缓释肥料用量的处理和处理根系活力高于处理。

烟草产量和品质的形成依赖于光合作用产生的有机物质,提高产量和品质的根本途径是改善烟草的光合性能<sup>[18]</sup>。叶绿素是光合作用的色素,其含量的高低直接影响叶片光合能力和有机物质的积累。烟叶保持较高的叶绿素含量既有利于烟叶的营养生长,也有利于烟叶香气物质的形成和积累<sup>[19]</sup>。本研究表明,处理的烟叶叶绿素含量高于处理,

表4 烟草缓释肥料对胞间CO<sub>2</sub>浓度的影响

Tab. 4 Effect of slow-release fertilizer on tobacco intercellular CO<sub>2</sub> concentration  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

日期(月-日) Date (month-day)	I	II	III	IV	V
04-30	263.78 ± 1.57A	246.55 ± 0.98B	243.66 ± 0.28C	249.03 ± 0.62B	249.71 ± 0.40B
05-10	214.05 ± 1.41A	198.22 ± 0.44B	192.66 ± 0.72D	198.02 ± 0.67B	194.96 ± 0.87C
05-20	226.58 ± 0.77A	212.75 ± 2.44B	202.57 ± 1.37C	211.48 ± 1.15B	202.88 ± 0.51C
05-30	213.95 ± 0.57A	214.95 ± 0.26A	178.78 ± 0.49D	182.64 ± 0.82C	193.81 ± 0.71B
06-09	218.13 ± 1.23A	174.97 ± 0.72D	162.62 ± 2.13E	179.27 ± 0.96C	193.98 ± 0.56B

表5 烟草缓释肥料对烤烟产量和产值的影响

Tab. 5 Effects of slow-release fertilizer on yield and output value of tobacco

项目 Item						
产量 Yield (kg · hm <sup>-2</sup> )		937.04Dd	2 455.75Bb	2 712.36Aa	2 487.65Bb	1 999.40Cc
产值 Output value (yuan · hm <sup>-2</sup> )	可用性小	40 462.78Bb	45 541.98Aa	45 030.30Aa	31 690.82Cc	
平均价格 Average value (yuan · kg <sup>-1</sup> )		16.48Bb	16.79Bb	18.12Aa	15.85Cc	

同列不同小写字母表示差异达5%显著水平 Different small letters in the same column mean significant difference at 5% level.

减少缓释肥料用量的处理 叶绿素含量与处理 差异不显著,也即施用缓释肥料可一定程度上提高叶绿素含量。施用烟草缓释肥料可提高叶片的净光合速率,降低胞间CO<sub>2</sub>浓度,有利于CO<sub>2</sub>的同化,即使CO<sub>2</sub>浓度低,其有机物合成还比较强。

从移栽到收获,施肥处理烤烟的干物质积累总量与时间的关系呈“S”型曲线。烟草缓释肥料影响烟叶的产量和产值,处理 较处理 提高了烟叶的产量和产值,但两个处理的烟叶平均价格差异不显著。处理 烟叶的产量和产值高于处理 ,但其烟叶平均价格低于处理 ,两个处理产值差异不显著。烟叶价格的高低与烟叶品质呈正相关,故根据产量、产值以及烟叶品质的综合评价结果表明,减少烟草缓释肥料用量 15%的处理 增值效果最明显。

### 参考文献

- [1] 朴世领,金江山,安金花,等. 不同肥料用量组合对烤烟产值的效应[J]. 吉林农业大学学报, 2003, 25(1): 79-82
- [2] 邱万勇,刘烈定,凌寿军. 不同施肥方式及水肥调控对烟叶产质量的影响[J]. 中国烟草科学, 2005, 26(2): 22-24
- [3] 曾淑华,刘飞虎,覃鹏,等. 水涝对转 SOD 和 POD 基因烟草光合能力的影响[J]. 湖北农业科学, 2004 (3): 81-83
- [4] 时向东,汪文杰,韦风杰,等. 氮肥用量对雪茄外包烟叶光合特性及其植物学性状的调控效应[J]. 农业现代化研究, 2006, 27(4): 314-317
- [5] 韩锦峰,杨素勤,王永华,等. 不同相伴阴离子钾肥对烤烟光合特性、钾含量及化学成分的影响[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 22-25
- [6] 李再军,彭克勤,王少先,等. 烤烟配方肥增效剂对烤烟光合作用的影响初探[J]. 中国农学通报, 2005, 21(7): 252-254, 272
- [7] 史吉平. 世界肥料的发展方向——缓释肥料[J]. 中国花卉园艺, 2004 (16): 4-5
- [8] William T. K. Evaluation of slow-release fertilizer materials on selected vegetable crops[J]. Hortscience, 2005, 40: 501-894
- [9] Kirk W. P., Desmond R. L., Eddie B. R. Determination of the optimal rate of slow-release fertilizer for enhanced growth of pawpaw seedlings in containers[J]. HortTechnology, 2002, 12: 326-515
- [10] Chun H. P., Seung W. K., Chiwon W. L. Influence of water-soluble and slow-release fertilizers on growth of pot carnation in c-channel mat irrigation system[J]. HortScience, 2004, 39: 745-897
- [11] 张丹,刘国顺,章建新,等. 打顶时期对烤烟根系活力及烟碱积累规律的影响[J]. 中国烟草科学, 2006 (1): 38-41
- [12] 赵承,陆引罡,王家顺,等. 不同移栽深度结合一次性双层施肥对烤烟生长及产量品质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25(3): 32-36
- [13] 杨铁钊,范进华. 不同基因型烤烟品种吸收钾差异的根系特性研究[J]. 西北农业学报, 2006, 15(3): 41-44
- [14] 马新明,刘国顺,王小纯,等. 烟草根系生长发育与地上部相关性的研究[J]. 中国烟草学报, 2002, 8(3): 26-29
- [15] 徐晓燕,孙五三,李章海,等. 烤烟根系合成烟碱的能力及 pH 值对其根系和品质的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2004, 31(3): 315-319
- [16] 侯加民,张忠锋,任明波,等. 烤烟根系发育与烟叶产量质量关系的研究[J]. 中国烟草科学, 2003 (2): 16-18
- [17] 张雪芹,彭克勤,王少先,等. 烟草配方肥增效剂对烤烟根系内源激素和多胺含量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(5): 1116-1121
- [18] 韩锦峰. 烟草栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 31-56
- [19] 覃鹏,孔治有,刘叶菊,等. 水分胁迫对烟草转 SOD 基因品系光合特性的影响[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(2): 91-94