

王丽晶, 江定心, 陈泽鹏, 等. 施用螯合肥对烤烟烟叶烟碱和钾含量的影响[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35(2): 35-39.

施用螯合肥对烤烟烟叶烟碱和钾含量的影响

王丽晶¹, 江定心¹, 陈泽鹏², 韦建玉³, 万树青¹, 马柱文⁴

(1 天然农药与化学生物学教育部重点实验室/华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510610;
2 中国烟草总公司 广东省公司, 广东 广州 510610; 3 广西中烟工业公司, 广西 南宁 545005;
4 广东省农业科学院 作物研究所, 广东 广州 510640)

摘要:【目的】探索不同螯合肥联合施用对烤烟烟叶品质的影响.【方法】采用盆栽和田间试验, 研究了烤烟联合施用不同螯合肥烟叶化学成分含量变化, 并对不同处理烤烟烟叶的总糖、还原性糖、总氮、烟碱、钾等化学成分含量变化进行综合分析. 运用统计学中的主成分分析法, 综合比较分析康凯Ⅱ号、富诺根与富诺钾和康凯Ⅱ号、富诺根与富诺磷联合施用对烤烟烟叶品质的影响.【结果和结论】盆栽试验表明, 苗期叶面喷施康凯Ⅱ号和富诺根, 生长期分别喷施富诺钾或富诺磷, 烤烟烟叶烟碱含量分别降低 41.24% 和 3.44%, 钾含量分别增加 42.86% 和 26.02%. 田间试验表明, 联合施用康凯Ⅱ号、富诺根和富诺钾或富诺磷, 烤烟烟叶钾含量分别增加 56.00% 和 93.28%, 烟碱含量分别降低 23.11% 和 29.25%.

关键词:螯合肥; 烤烟; 烟碱; 钾; 烟叶品质
中图分类号:S141 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-411X(2014)02-0035-05

Effects of applying chelated fertilizer to nicotine and potassium in the flue-cured tobacco leaf

WANG Lijing¹, JIANG Dingxin¹, CHEN Zepeng², WEI Jianyu³, WAN Shuqing¹, MA Zhuwen⁴

(1 Key Laboratory of Natural Pesticide and Chemical Biology, Ministry of Education/College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; 2 Guangdong Branch of China National Tobacco Corporation, Guangzhou 510610, China; 3 China Guangxi Tobacco Industrial Company Ltd., Nanning 545005, China; 4 Institute of Crops Research, Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Guangzhou 510640, China)

Abstract:【Objective】To improve the quality of the flue-cured tobacco leaf by combined application of chelated fertilizer. 【Method】Effects of combined application of chelated fertilizer on the contents of total sugar, reducing sugar, total nitrogen, nicotine and potassium of flue-cured tobacco leaf were studied using the pot and field experiments. Effects of chelated fertilizer of Kangkai Ⅱ, Funuogen, Funuo potassium or Funuo phosphorus on the quality of tobacco leaf were analysed. 【Result and conclusion】The results showed that in plot experiments, application of Kangkai Ⅱ and Funuogen at the stage of seedling, Funuo potassium or Funuo phosphorus at the stage of growing reduced the contents of tobacco leaf nicotine by 42.86% and 26.02% and increased the potassium contents by 41.24% and 3.44%. In field experiments, The combined application of Kangkai Ⅱ, Funuogen, Funuo potassium or Funuo phosphorus reduced the contents of tobacco leaf nicotine by 56.00% and 93.28%, increasing the potassium contents by 23.11% and 29.25%, respectively.

Key words:chelated fertilizer; flue-cured tobacco; nicotine; potassium; tobacco leaf quality

收稿日期:2013-02-21 优先出版时间:2014-01-06
优先出版网址:<http://www.cnki.net/kcms/detail/44.1110.S.20140106.1547.001.html>
作者简介:王丽晶(1987—),女,朝鲜族,硕士,E-mail:717326796@qq.com; 通信作者:江定心(1976—),男,副教授,博士,
E-mail: dxj2005@scau.edu.cn
基金项目:中国烟草总公司科技计划项目(中烟办[2013]149号)

烟叶是烟草行业发展的基础,烟叶的品质关系到烟草行业发展的全局. 烟叶化学成分是决定烟叶品质的内在因素,与烟叶的外观、物理性状及感官关系密切^[1-2]. 烟草内在品质的基础是化学成分,1982 年 Dube 等^[3]报道,烟叶中已被鉴定的化学成分有 2 549 种,其中某些主要化学成分影响和决定了烟叶品质的优劣. 在卷烟工业中,钾和烟碱含量是决定烟叶品质的 2 项重要指标. 我国烟叶钾质量分数约在 1.1%~6.2% 之间,平均低于 2.0%,普遍低于国际优质烟钾质量分数 3% 左右的要求^[4]. 烟碱质量分数以 1.5%~3.5% 之间为宜,最佳为 2.5%,而我国主要烟区烤烟烟碱含量有逐年升高的趋势,而且年际变异较大^[5]. 导致我国烟叶整体质量不高、香气量不足、香气浓度不够、烟碱偏高、淀粉含量偏高、可用性差. 因此我国烤烟种植过程有必要进行一些栽培管理措施,提高烟叶钾含量、降低烟碱含量,提升我国烟叶工业的可用性. 解决烟叶钾含量低的问题,需要从两方面考虑:一是在烟叶生长中后期需要提供足够的钾素以补偿外泄钾的损失,使烟叶中钾含量最终能维持在相对高的水平;二是适时减少氮素供给,减弱后期干物质积累量和烟碱合成,从而有利于叶片含钾量提高^[6].

近年来利用植物生长调节物质来提高烟叶含钾量、降低烟碱含量,改善烟叶品质成为研究的热点^[7]. 叶面喷施 ABA、6-BA、TIBA 可以提高烟叶中的烟碱含量^[8-9],打顶后喷施 2,4-D 可显著降低烟叶总生物碱含量,且上部烟叶降低幅度最大^[10]. 打顶后喷施 20 mg·kg⁻¹ IAA 对增加烟叶钾含量效果显著^[11-12],用人工合成降碱增钾制剂处理打顶后的烟株,在降碱增钾的同时,还使烟叶致香物质的量与质有所提高^[13]. 可见,使用植物生长调节剂不同程度地提高了烟叶钾含量,降低了烟碱含量,改善了烟叶品质. 生长调节剂通过新陈代谢作用影响植物自身天然有机化合物从而产生作用,效果产生较慢,并且生长调节剂使用浓度有严格的要求,使用不当易产生药害和促使植物疯长,降低烟叶品质. 叶面肥肥效快,既可以及时补充烟株生长所需的营养元素,改善烟株营养,促进烤烟生育叶片的生长,同时可以解决烟株化学成分不协调的问题,是一种成本低,见效快的施肥提高烤烟烟叶品质的有效途径^[8-11]. 梁文旭等^[14]研究了 2 种叶面肥对烤烟外观和内在品质的作用效果发现,烟株进行复合叶面肥喷施处理后,烟叶结构、油分、色度等得到明显改善;烟碱含量适宜,化学成分协调性得到改善,烟叶评吸性状明显提高. 碳氮代谢是烤烟植株最基本的代谢过程,其强度、协调

程度及其在烟叶生长和成熟过程中的动态变化模式直接或间接影响烟叶各类化学成分的含量和组成比例,对烟叶品质产生重大影响. 研究表明,施磷在一定范围内可以提高低氮水平下硝酸还原酶活性,促进烟叶的生长发育;增加施磷量可以提高转化酶活性,使碳代谢增强^[15]. 钼作为植物生长必需的微量元素,具有多种生物学功能. 张纪利等^[16]研究不同施钼量对烤烟化学成分含量和经济性状的影响发现:施钼肥量 80 mL·株⁻¹时烟叶产量、产值、上等烟比例提高,且有利于提高烟叶总糖、还原糖含量;施钼肥量 40 mL·株⁻¹有利于提高烟叶钾含量,降低烟叶总氮、烟碱、氯含量,并协调烟叶糖碱比、氮碱比和钾氯比.

本文主要研究联合施用外源硅、钼、钾、磷等元素螯合肥对烟草主要化学成分含量的影响,以期通过施肥调节烟叶主要化学成分的含量,抑制或减少烟叶中烟碱的积累,为通过田间栽培管理技术提高烟叶品质和可用性提供参考.

1 材料与方法

1.1 材料

供试烤烟 *Nicotiana tabacum* L. 品种为“K326”. 康凯 II 号、富诺根、富诺钾、富诺磷,均为西班牙 TRADECOORP 公司产品. 康凯 II 号:单硅酸、Si(OH)₄ 和钼,ρ 为 36 g/L;富诺根:一种液体活性生根剂和生长调节剂,含自由氨基酸 84 g·L⁻¹、有机质 180 g·L⁻¹、P₂O₅ 60 g·L⁻¹、K₂O 42 g·L⁻¹、ED-DH-Fe 0.4 g·L⁻¹、EDTA-Zn 0.8 g·L⁻¹、EDTA-Mn, 0.6 g·L⁻¹、Mo 1.2 g·L⁻¹;富诺钾:液态高浓度 (EDTA) 螯合钾肥,ρ (K₂O) 为 465 g·L⁻¹;富诺磷:ρ (亚磷酸钾) 为 420 g·L⁻¹.

1.2 方法

1.2.1 盆栽试验 2011 年在华南农业大学温室内进行. 土壤类型为沙壤土,其理化性质为:pH 6.38,有机质 16.5 g·kg⁻¹,全氮 1.27 g·kg⁻¹,全磷 0.51 g·kg⁻¹,全钾 15.7 g·kg⁻¹,碱解氮 99.69 mg·kg⁻¹,速效磷 45.1 mg·kg⁻¹,速效钾 90.61 mg·kg⁻¹. 选用高 45 cm、直径 35 cm 的塑料盆,每盆装干土 15 kg,选取健壮一致的烟苗移植于塑料盆中,每盆 1 株. 设 2 个处理 (T1 和 T2),以喷施清水为对照 (CK),每处理 3 次重复. T1:苗期 60 d 时叶面喷施康凯 II 号 (稀释 1 000 倍) + 富诺根 (稀释 1 000 倍),快速生长期叶面喷施富诺钾 (稀释 1 000 倍),摘顶后叶面喷施富诺钾 (稀释 1 000 倍);T2:将 T1 处理摘顶后改为叶面喷施富诺磷 (稀释 1 000 倍). 每株喷水

均为 300 mL^[17]. 烟苗移栽后每 2 d 浇水 1 次,移栽后第 7、14、30、45 天时各施复合肥 1 次,每次施肥处理复合肥的 N:P:K 质量比为 1:1:2^[18],复合肥用量按 15 kg 土分别为 5、10、20、20 g 施入.

1.2.2 田间试验 2012 年在广东省农科院钟落潭实验基地进行. 土壤类型为沙泥田,其理化性质为: pH 6.4,有机质 10.03 g·kg⁻¹,全氮 1.14 g·kg⁻¹,全磷 0.48 g·kg⁻¹,全钾 14.7 g·kg⁻¹,碱解氮 109.69 mg·kg⁻¹,速效磷 20.4 mg·kg⁻¹,速效钾 62.2 mg·kg⁻¹. 每小区种 45 株(3 行/小区,15 株/行,行株距为 1.0 m×0.5 m),每处理重复 3 次,随机排列. 成熟后采收、烤干,取样粉碎备用. 田间试验共设 2 个处理(T3 和 T4),以喷施清水为对照(CK),每处理 3 次重复. T3:快速生长期在叶面喷施康凯Ⅱ号(稀释 1 000 倍)+富诺根(稀释 1 000 倍)+富诺钾(稀释 1 000 倍),摘顶后叶面喷施富诺钾(稀释 1 000 倍); T4:将 T3 处理摘顶后叶面喷施改为富诺磷(稀释 1 000 倍). 烟苗移栽至大田之后共计进行 3 次施肥处理^[19],分别在烟苗移栽后第 7、14 和 30 天时. 每次施肥处理均是复合肥+有机肥的混配肥料,其 N:P:K 质量比为 1:1:2,施肥量为 450、450、750 kg·hm⁻².

1.2.3 取样和化学成分测定 在烤烟采收期,每小区取 3 株. 将每株的全部叶片洗净,用纱布吸干表面水分,去掉中脉,105℃杀青 15 min,60℃烘干至恒

质量,粉碎,过 40 目筛,所得样品用于测定烟叶主要化学成分含量.

烟叶钾、烟碱、还原糖、总糖、总氮等的测定参照王瑞新^[20]的方法.

1.3 数据处理

采用 SPSS 12.0 软件进行数据分析,采用 Duncan's 新复极差多重比较进行显著性分析.

2 结果与分析

由表 1 可知,盆栽试验条件下,2 个处理均可不同程度地降低烟碱含量,提高钾含量,与对照相比, T1 和 T2 烟碱含量分别降低 41.24% 和 3.44%,钾含量分别升高 42.86% 和 26.02%. 2 个处理与对照相比,钾含量升高均达到显著水平, T1 处理烟碱含量的降低达到显著水平,而 T2 与对照差异不显著. T1 处理烟叶总糖、还原糖及总氮含量均降低, T2 处理均升高. 其中 T1 总糖、还原糖及总氮分别降低 14.58%、2.67% 和 26.97%, T2 分别升高 31.11%、48.96% 和 7.88%. 且 T1、T2 与对照之间总糖含量变化均达到差异显著水平. T2 与对照相比还原糖升高达到差异显著水平,而 T1 与对照差异不显著. T1 与对照相比总氮含量降低达到差异显著水平,而 T2 变化不明显. 就化学成分比值而言,喷施螯合肥可以不同程度地提高烟叶 $w(\text{总糖})/w(\text{烟碱})$ 和 $w(\text{总氮})/w(\text{烟碱})$.

表 1 盆栽试验螯合肥对烤烟烟叶常规化学成分的影响

处理	$w^{1)}/\%$					$w(\text{总氮})/w(\text{总糖})/$		烟碱降低率/%	钾增加率/%
	总糖	还原糖	烟碱	总钾	总氮	$w(\text{烟碱})$	$w(\text{烟碱})$		
T1	20.51±0.26c	14.97±0.07b	1.71±0.01b	2.80±0.02a	1.76±0.02b	1.03	11.99	41.24	42.86
T2	31.48±0.28a	22.91±0.04a	2.81±0.04a	2.47±0.03b	2.60±0.04a	0.93	11.20	3.44	26.02
CK	24.01±0.12b	15.38±0.20b	2.91±0.01a	1.96±0.03c	2.41±0.03a	0.83	8.25		

1) 表中数据为平均值±SE,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's 法).

由表 2 可知,田间试验条件下,2 个处理均不同程度地降低烟碱含量、提高钾含量,其中 T3 和 T4 的烟碱含量与对照相比分别降低 23.11% 和 29.25%,均达到显著差异,钾含量分别提高 56.00% 和

93.28%,也均达到显著差异. T3 与 T4 之间烟碱降低差异不显著,而钾含量升高达到差异显著水平. 上述结果与盆栽试验结果一致. 与对照比较,喷施螯合肥对烤烟烟叶总糖、还原糖及总氮含量产生一定影响,

表 2 田间试验螯合肥对烤烟烟叶常规化学成分的影响

处理	$w^{1)}/\%$					$w(\text{总氮})/w(\text{总糖})/$		烟碱降低率/%	钾增加率/%
	总糖	还原糖	烟碱	钾	总氮	$w(\text{烟碱})$	$w(\text{烟碱})$		
T3	16.81±0.42b	14.46±0.84a	1.63±0.03b	1.75±0.02b	3.11±0.02c	1.91	10.31	23.11	56.00
T4	18.84±0.59a	14.11±0.29a	1.50±0.04b	2.30±0.03a	3.58±0.04b	2.39	12.56	29.25	93.28
CK	15.42±0.25b	12.80±0.24a	2.12±0.05a	1.19±0.03c	4.06±0.03a	1.92	7.27		

1) 表中数据为平均值±SE,同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示差异不显著($P>0.05$,Duncan's 法).

总糖含量 T3 和 T4 分别升高 9.01% 和 22.18% , T4 与对照相比达差异显著水平. 还原糖分别升高 12.94% 和 10.27% , 均与对照差异不显著. 总氮含量分别下降 23.40% 和 11.82% , 均与对照达到差异显著水平. 就化学成分比值而言, 喷施螯合肥可以不同程度地提高烤烟烟叶 $w(\text{总糖})/w(\text{烟碱})$ 和 $w(\text{总氮})/w(\text{烟碱})$, 与盆栽试验结果一致.

3 讨论与结论

康凯 II 号、富诺根、富诺磷、富诺钾为西班牙 TRADECOORP 公司生产, 其中, 康凯 II 号是一种活性硅钼酸钠水剂($\rho = 36 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$); 富诺根是一种液体活性生根剂和生长调节剂; 富诺钾是含钾 [$\rho(\text{K}_2\text{O}) = 465 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$] 和氮 [$\rho(\text{N}) = 45 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$] 的欧洲新一代高浓度液态 EDTA 螯合钾肥; 富诺磷是含亚磷酸钾(ρ 为 $420 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$) 的欧洲新一代高浓度液态磷肥.

目前关于土壤氮、磷、钾的全量与烤烟氮、磷、钾含量关系的研究报道较多^[21-23]. 且氮、磷、钾是烤烟生长中重要的营养元素. 其中, 氮素在烤烟生长发育和生理生化过程中起重要作用, 影响烤烟的品质; 磷素在烟草的生长发育和新陈代谢过程中具有重要的作用, 且能增进烤烟色泽、香味, 并提高烟叶品质^[24]; 钾素对烟草的生长发育起重要作用, 是影响烟叶品质的重要因素, 也是衡量烟叶质量的重要指标. 研究表明, 烟叶品质及其主要内在化学成分特点有关的因素包括: ①烟叶成熟度, 烟叶成熟度越高, 烟叶内在的各项化学成分越趋于协调; ②品种, 不同烤烟品种之间的含糖量存在着一定差异; ③生态条件, 光照强度、光照时间和光质对含糖量都有较大的影响, 土壤质地、水分、营养状况和 pH 等都影响烟叶含糖量和烟碱含量; ④栽培技术, 合理的种植密度和单株留叶数有利于提高烟叶内在化学成分的协调性, 施肥量和施肥种类对含氮量有一定影响^[2].

本试验采用盆栽和田间施用烤烟生长过程中必需元素的螯合肥, 通过调控烟叶品质, 提高优质烟叶率, 提高烟叶工业可用性, 为优质烤烟栽培提供技术支持. 盆栽试验条件下的烤烟烟叶各化学成分含量与田间试验结果有所差异. 总糖含量盆栽试验均高于田间试验含量, 而总氮含量均低于田间试验, 还原糖含量盆栽与田间试验基本一致, 差异不显著. 这可能与田间生态条件如光照强度、光照时间和光质以及土壤质地有关, 田间光照充足, 有利于氮向糖的转化. 盆栽试验和田间试验 2 种处理, 烟叶中钾含量均比对照明显增加. 烟叶摘顶后, 盆栽试验喷施富诺钾

的烟叶钾含量高于田间试验, 而烟叶摘顶后, 田间喷施富诺磷的烟叶钾含量高于盆栽试验, 这可能是田间条件下, 更利于螯合肥的肥效发挥, 刺激烟草根和叶对钾的吸收. 田间试验 2 种处理, 烟叶中烟碱含量明显降低, 而盆栽试验摘顶后喷施富诺磷处理, 与对照相比, 烟碱降低不明显, 这可能是盆栽试验条件不能完全发挥螯合肥的功效所导致. 另外, 盆栽试验与田间试验结果存在一定的差异也可能与试验处理有关, 盆栽试验处理分苗期、快速生长期和摘顶后 3 次施肥, 而田间只在快速生长期和摘顶后 2 次处理. 另外盆栽试验是在人为控制的条件下进行的, 而且土壤取自耕作层, 土壤中养分的释放过程和烟株对养分的吸收情况均与田间条件有所不同, 田间试验则更接近于实际生产. 同时, 盆栽试验烟株数较少这也会对试验结果造成影响. 因此, 我们认为田间试验更能反映螯合肥的功效.

4 种螯合肥的联合使用对烤烟烟叶总糖、还原糖及总氮影响不同, 但均可降低烟碱含量、提高钾含量, 这与韩锦峰等^[8]、洪丽芳等^[25]的研究结果一致. 综合我国目前正在进行的“国际型优质烟叶”项目和相关专家的研究成果, 优质烟叶化学成分主要指标控制在: 烟碱 1.5% ~ 3.5% , 总氮 1.5% ~ 3.0% , 总糖 18% ~ 24% , 钾离子 2.0% ~ 3.5% , 氮碱比 0.8 ~ 1.0 , 糖碱比 8 ~ 12^[20, 26-29]. 本试验中, 田间 2 种处理的烟叶中烟碱和糖碱比值达到优质烟叶要求, 而对照烟碱含量处在优质烟叶规定的范围, 但相对于对照而言, 钾、总糖、总氮和氮碱比更接近于优质烟叶规定要求, 特别是 T4 处理, 除总氮和氮碱比超出优质烟叶规定的范围外, 其他指标均达到优质烟叶要求, 因此, 适当控制氮肥的施用可生产出优质烟叶. 而盆栽试验 2 种处理, 除 T1 处理中氮碱比略高于规定要求和 T2 处理总糖高于规定要求外, 其他各项指标均处于优质烟叶规定指标范围内, 而对照中总糖和钾含量明显低于优质烟叶规定指标要求. 但总体而言, 2 种处理烟叶钾含量得到提高, 烟碱含量有所降低, 因此, 2 种处理的烟叶危害降低, 有降焦减害的作用. 通过盆栽试验和田间试验结果比较可以看出, 在烤烟种植过程中, 减少氮肥的施用, 合理增施微量元素叶面肥, 对提高烟叶品质有一定的作用.

国家烟草专卖局强调“烟叶科技工作要为中式卷烟生产服务, 要积极开展烟草与自然环境和谐发展的研究, 改善烟叶生产的生态环境”^[30]. 由此看来, 现代烟草生产中要合理化、高效化进行农药、化肥施用管理操作. 这 4 种螯合肥均属于高效液态肥, 具有使用量少、效率高的特点, 可在减少肥料使用量

的同时增加肥效.4种螯合肥中含有植物生长所必需的大量元素,更重要的是富含促进植物生长代谢的微量元素,其中硅(Si)能沉积在植物叶片的外表皮,形成物理屏障,帮助植物提高对真菌和害虫侵袭的抵御能力^[31];硅还能刺激多酚化合物的产生及其物质新陈代谢,诱导植物产生抵抗力反应,增强烟草的抗病性,减少病虫害的威胁.

从本试验结果可以看出,螯合肥在提高烟叶品质方面有很好的效果,可以推广使用,在药剂工业化生厂中可以借鉴以上的试验结果,生产出更适合优质烟叶生产的螯合肥,既能提高烟叶的品质,也能一定程度上降低烟叶的危害.为在田间栽培管理上整体提升我国烟叶品质提供一定的技术支持.

参考文献:

- [1] 中国农业科学院烟草研究所. 中国烟草栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,1993.
- [2] 左天觉. 烟草的生产、生理和生物化学[M]. 朱尊权,译. 上海:上海远东出版社,1993.
- [3] DUBE M F, GREEN C R. Methods of collection of smoke for analytical purposes[J]. Rec Adv Tob Sci, 1982, 8: 42-102.
- [4] 胡国松, 赵元宽, 曹志洪, 等. 我国主要产烟省烤烟元素组成和化学品质评价[J]. 中国烟草学报, 1997, 3(3): 36-43.
- [5] 陈伟, 王三根, 王玉明, 等. 不同生态区烤烟烟碱含量的变异分析[J]. 中国生态农业学报, 2009, 17(2): 285-290.
- [6] 韩锦峰, 朱大恒, 刘华山, 等. 我国烤烟含钾量低的原因及解决途径[J]. 河南农业科学, 2010(2): 32-35.
- [7] 谭本奎, 董贤春, 秦铁伟, 等. 饼肥不同施用量对烤烟生长及主要化学成分的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(30): 16891-16893.
- [8] 韩锦峰, 赫冬梅, 刘华山, 等. 不同植物激素处理方法对烤烟内烟碱含量的影响[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(2): 22-25.
- [9] 罗定棋, 谢强, 张永辉, 等. 植物生长调节剂对烤烟上部叶开片降碱的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(7): 8-10.
- [10] 刘华山, 朱大恒, 韩锦峰, 等. 外源植物生长调节物质对烟草根中烟碱含量和烟碱合成酶活性变化的生理效应[J]. 植物生理学通讯, 2005, 41(3): 319-321.
- [11] 刘华山, 籍越, 王方, 等. 不同浓度 IAA 对烤烟酶活性及钾和烟碱含量的影响[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(5): 1394-1395.
- [12] 陈振国, 杨艳华, 李进平, 等. IAA 缓释处理对白肋烟产量、质量及内在主要化学成分含量的影响[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(2): 352-354.
- [13] 刘华山, 韩锦峰, 曾涛, 等. 烤烟喷施降碱增钾制剂的生理效应及对品质的影响[J]. 华北农学报, 2005, 20(3): 46-49.
- [14] 梁文旭, 靳志丽, 李振武. 烤烟复合型叶面肥对烟叶降碱增香提质的作用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(30): 14695-14697.
- [15] 王冠, 周清明, 杨宇虹, 等. 烤烟碳氮代谢及其关键酶研究进展[J]. 作物研究, 2012, 26(2): 189-192.
- [16] 张纪利, 曾祥难, 苟剑渝, 等. 施钼量对烤烟化学成分和经济性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(1): 95-98.
- [17] 王峰吉. 烤烟烟碱化控调节机理及降碱技术研究[D]. 福州: 福建农林大学, 2005.
- [18] 张晗, 孙向前, 李福泉, 等. 优质烟草的栽培技术[J]. 安徽农学通报, 2009, 15(1): 189-190.
- [19] 刘月, 任杰, 李杰, 等. 矿质元素对烟草生产的影响与对策[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(4): 59-60.
- [20] 王瑞新. 烟草化学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [21] 蔡晓布, 钱成. 氮肥形态和用量对藏东南地区烤烟产量和质量的影响[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1): 66-70.
- [22] 许自成, 王林, 肖汉, 等. 湖南烟区烤烟磷含量与土壤磷素的分布特点及关系分析[J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2007, 33(3): 290-297.
- [23] 颜丽, 关连珠, 栾双. 土壤供钾状况及土壤湿度对我国北方烤烟烟叶含钾量的影响研究[J]. 土壤通报, 2001, 32(2): 84-87.
- [24] 姚玉霞, 李泽鸿, 曹杰, 等. 几种主要营养成分在烟草生长中的作用[J]. 农业与技术, 1995(3): 43-45.
- [25] 洪丽芳, 付利波, 苏帆, 等. 生长素对烟株钾的分配和积累的影响[J]. 作物学报, 2003, 29(3): 457-461.
- [26] 陈江华, 刘建利, 龙怀玉. 中国烟叶矿质营养及主要化学成分含量特征研究[J]. 中国烟草学报, 2004, 10(5): 20-27.
- [27] 刘国顺. 国内外烟叶质量差距分析和提高质量技术途径探讨[J]. 中国烟草学报, 2003, 9(增刊): 54-58.
- [28] 阎克玉, 陈鹏, 刘晓晖. 烤烟 40 级制烟叶主要化学成分分析研究[J]. 郑州轻工业学院学报, 1993, 8(2): 35-39.
- [29] 李永忠, 罗鹏涛. 氯在烟草体内的生理代谢功能及其应用[J]. 云南农业大学学报, 1995, 10(1): 57-61.
- [30] 王晓玲, 杨冬, 孙冲, 等. 微生物活菌剂对烤烟生长发育及烟叶品质的影响[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(1): 82-85.
- [31] 薛高峰, 孙万春, 宋阿林, 等. 硅对水稻生长、白叶枯病抗性及相关蛋白活性的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(4): 690-697.

【责任编辑 周志红】