

等氮条件下饼肥与无机肥配合施用对烤烟生长与土壤养分淋失的影响^①

杨春江¹, 胡钟胜², 施旭³, 招启柏^{2*}, 钱志宏³

(1 云南省烟草农业科学研究院, 昆明 650021; 2 江苏中烟工业有限责任公司, 南京 210019;

3 云南省烟草公司红河州公司, 云南红河 672300)

摘要: 为综合评价在植烟土壤上有机肥与无机肥配合施用对烤烟生长及土壤养分的效应, 通过盆栽试验, 比较等氮养分条件下饼肥与无机肥不同配比处理的烤烟生长、土壤养分以及氮磷流失变化。结果表明: 通过增施有机肥, 能促进烟叶生长, 提高上等烟比例, 增加经济效益。化肥单施在提供速效养分的同时也具有培肥土壤的能力, 提高了土壤中各养分含量, 但其效果低于有机与无机肥配施处理。高比例的有机肥施用量处理, 土壤养分含量均高于低比例的有机肥处理。烤烟整个生育期中, 淋溶液中的氮磷浓度呈现先下降后上升的趋势。等氮条件下, 随着配施饼肥的比例增加, 土壤氮淋失量降低, 而磷的流失量升高, 从兼顾烤烟生长和减轻氮磷对环境污染两个角度考虑, 50%化肥配合施用 50% 有机肥效果较佳。

关键词: 饼肥; 烤烟; 土壤; 氮; 磷

中图分类号: S572

近年来, 由于复种指数的增加, 给植烟土壤和生态环境带来了一系列问题, 尤其是营养失调、水土流失等问题比较突出, 制约了烤烟生产的可持续发展^[1-5], 在属于全国烤烟种植最适宜区的西南地区, 地势陡, 坡度大, 水土、养分流失严重, 水土流失导致农田土壤中氮、磷等营养元素的大量流失是土壤质量退化的重要原因, 同时也对地表、地下水体构成严重威胁^[6]。而氮、磷是植物生长发育的必需营养元素, 是植物体生长代谢过程不可缺少的。但氮、磷肥料的过量施用造成的非点源污染问题也越来越严重。合理施肥既能改善作物生长形状, 又能提高土壤环境生态价值^[7-9]。目前国内学者对植烟土壤施用饼肥的效果做了大量研究^[2-5], 但大多数研究侧重于对烤烟生长、经济效益以及土壤养分等的影响, 而饼肥与无机肥配合施用对烤烟生长与养分流失影响的综合研究鲜见报道。因此, 本文通过等氮条件下饼肥与无机肥配比盆栽试验, 探讨施用不同配比的饼肥与无机肥对烟叶生长、经济效益、土壤养分、氮磷流失浓度及流失量间的影响, 旨在为烟叶生产中有机肥的合理利用以及进一步提高烤烟种植水平和烤烟生产的可持续性发

展提供依据。

1 材料与方法

1.1 供试地点与烤烟品种

试验于 2011 年在云南省红河州弥勒县西三镇烟叶试验基地进行, 试验地点位于 103°18'29"E, 24°28'25"N, 属北亚热带季风气候, 常年平均气温 15.5℃, 最高气温 20.8℃, 最低气温 -7.2℃, 年平均降雨量为 1 100 mm, 是烤烟种植的适宜区。土壤有机质 14.4 g/kg, 全氮 0.77 g/kg, 全磷 0.87 g/kg, 速效氮 53.22 mg/kg, 速效磷 20.5 mg/kg, 速效钾 103.99 mg/kg, 每盆装土 26.5 kg。烤烟品种选用 K326。

1.2 供试肥料

1.2.1 饼肥 物理压榨后的菜籽饼, 经充分腐熟, 呈粉末状, 过 20 目筛。含 N 41.8 g/kg, P₂O₅ 26.9 g/kg, K₂O 16.7 g/kg, 有机质含量为 796 g/kg。

1.2.2 无机化肥 由恒林化工提供的 10:10:32 的烟草专用复合肥, 17% 普通过磷酸钙, 50% 硫酸钾。

1.3 处理设置

CK(空白处理: 不施用任何肥料); 其他处理根

基金项目: 国家烟草专卖局特色优质烟叶开发重大专项(国烟办综[2011]31 号)和云南省烟草公司项目(2010YN10)资助。

* 通讯作者(zhaoqibai@163.com)

作者简介: 杨春江(1968—), 云南江川人, 学士, 助理研究员, 主要从事烟草技术集成推广与基地建设。E-mail: cjyang681230@163.com

据土壤氮磷钾供应状况和作物预期需求量,确定纯氮 105 kg/hm², N:P₂O₅:K₂O=1:1:3.2^[7,10]。100 M (有机肥氮占施氮总量的 100%,施用饼肥 2 512.0 kg/hm², 17% 普通过磷酸钙 222.0 kg/hm², 50% 硫酸钾 558.1 kg/hm²); 75 M+25 F (有机肥氮占施氮总量的 75%, 施用 10:10:32 的烟草专用复合肥 262.5 kg/hm², 饼肥 1884.0 kg/hm², 17% 普通过磷酸钙 165.1 kg/hm², 50% 硫酸钾 441.1 kg/hm²); 50 M+50 F (有机肥氮占施氮总量的 50%, 施用 10:10:32 的烟草专用复合肥 525.0 kg/hm², 饼肥 1 256.0 kg/hm², 17% 普通过磷酸钙 110.1 kg/hm², 50% 硫酸钾 294.1 kg/hm²); 25 M+75 F (有机肥氮占施氮总量的 25%, 施用 10:10:32 的烟草专用复合肥 787.5 kg/hm², 饼肥 628.0 kg/hm², 17% 普通过磷酸钙 55.0 kg/hm², 50% 硫酸钾 147.0 kg/hm²); 100 F (无机肥氮占施氮总量的 100%, 施用 10:10:32 的烟草专用复合肥 1 050.0 kg/hm²)。

试验用 24 L 塑料水桶,桶直径 30 cm,桶高 44.8 cm。试验前,先在网室内平整土地,规划好试验区,安装好渗滤液收集器后起垄,按 110 cm×50 cm 行。塑料水桶的底部开有直径 3 cm 的渗滤孔,渗滤孔上覆盖大小基本一致的瓦片,内填有渗滤网,安装好水桶后下面的收集桶容量为 2 000 ml;渗滤液收集装置埋在垄内。盆栽用的塑料水桶、渗滤管和承接渗滤水的收集桶在垄上实际安放的情况见图 1。

1.4 试验过程

5月6日移栽。移栽时将试验设计规定的 1/3 化肥或油枯作底肥与 5 kg 左右土壤充分拌匀后施下,移栽时烟苗根系周围用 0.5 kg 未拌肥料的土壤与肥土区进行隔离,并浇定根水 3 kg。5月7日至10日浇水7次,每次浇 1 kg 水。5月11日将设计规定的 2/3 化肥或油枯在距离烟株 10 cm 的位置沟中中层环状施下,并盖土。在烤烟生育整个时期,根据烤烟生长情况与土壤墒情,不定期浇水,每次每株浇 1 kg 水。

1.5 样品采集与指标测定

1.5.1 水样收集与指标测定 烤烟各生育期阶段内渗滤液通过安装在桶底的收集桶收集观测,在烤烟生长典型生育时期(伸根期、旺长期、现蕾期和成熟期)分

阶段收集渗滤液,收集前将水样尽量混匀。收集到的样品立即送实验室低温保存并测定^[11-12]。渗滤液量为容积法测量,氮用全自动流动分析仪法测定,磷采用过硫酸钾氧化孔雀绿-磷钼杂多酸分光光度法测定^[13]。

1.5.2 土样采集与指标测定 采集试验用土前,按照棋盘式取样法采集土壤样品;试验结束后,按照五点取样法采集各盆土样,各采样点在桶中的位置基本一致,风干后土样用常规方法测定土壤基础理化性质。

1.6 数据统计与分析

以淋溶途径流失的养分数量等于整个监测周期中各次收集到的淋溶水中养分浓度与收集水体积乘积之和^[12]。计算公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^n Q_i \times C_i$$

式中, W 为每盆的氮磷流失量, Q_i 为第 i 次采样的体积, C_i 为第 i 次采样的氮磷浓度。

相关数据使用 Microsoft Excel 2003 录入和整理,用 DPS 7.05 进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 饼肥与无机肥配比对烤烟生长的影响

饼肥与无机肥配比处理显著影响烤烟生长(根重、叶鲜重及叶面积系数)与经济效益(上等烟比例、单位产量及产值),从表 1 可以看出,100 F 单施化肥处理与 CK 处理相比,明显提高了根重、叶鲜重、叶面积系数、上等烟比例、单位产量及产值,但其提高根重、叶鲜重及单位产值效果低于 75 M+25 F 处理。低量有机肥处理的烟叶生长与经济效益呈现高于高量有机肥处理的趋势。根据统计结果(表 1),不同处理的烤烟根重、叶鲜重、叶面积系数、上等烟比例及单位产值以 25 M+75 F 处理最高,单位产量以 50 M+50 F 处理最高,有机饼肥与无机肥配合施用,较 CK 处理单位产值增加了 131.55%~271.77%($P<0.05$);有机与无机肥不同配施比例间也有明显的差异,其中 75M+25F 及 25M+75F 处理产量显著高于 100M 处理($P<0.05$)。

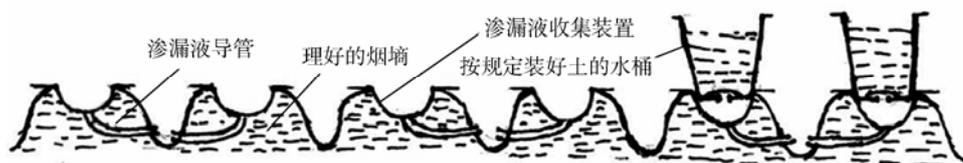


图 1 渗滤液收集装置、水桶安装示意图

Fig. 1 Chart of percolate collection and bucket installation

表 1 饼肥无机肥比对烤烟生长的影响

Table 1 Effects of ration of cake fertilizer/organic chemical fertilizer on growth of tobacco leaves

处理	根重(g)	叶鲜重(g)	叶面积系数	上等烟比例(%)	产量(kg/hm ²)	产值(元/hm ²)
CK	17.50 d D	72.50 d D	0.22 c B	15.56 c B	743.25 d C	11 891.10 d C
100M	65.00 c C	180.00 c C	1.22 b A	16.31 bc B	1 720.80 c B	27 533.70 c B
75M+25F	62.50 c C	242.00 b B	1.26 b A	19.81 bc B	2 084.25 b AB	33 347.10 bc AB
50M+50F	105.00 b B	310.00 a A	1.25 b A	19.63 bc B	2 523.45 a A	40 375.65 ab A
25M+75F	150.00 a A	325.00 a A	1.48 a A	36.76 a A	2 120.55 b AB	44 207.40 a A
100F	93.00 b B	249.50 b B	1.23 b A	20.83 b B	2 292.75 ab A	41 183.55 ab A

注: 叶面积系数计算公式为: 叶面积系数=Σ(叶长×叶宽)×叶面积指数×666.7 m²种植株数/666.7 m²; 同列数据后小写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.05$ 显著水平, 大写字母不同表示处理间差异达到 $P<0.01$ 显著水平, 下同。

表 2 饼肥无机肥比对土壤养分含量的影响

Table 2 Effects of cake fertilizer/inorganic fertilizer on soil nutrient contents

处理	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)
CK	13.9 b A	1.16 c C	0.39 c C	86.79 b AB	25.99 d D	70.00 b B
100M	17.4 a A	1.66 a A	0.76 a A	111.53 a A	75.98 a A	95.71 a A
75M+25F	15.2 ab A	1.56 ab A	0.65 ab AB	93.20 ab AB	69.98 a A	89.59 a AB
50M+50F	14.5 ab A	1.52 ab AB	0.58 b B	84.03 b B	52.00 b B	81.83 ab AB
25M+75F	13.7 b A	1.32 bc ABC	0.62 b AB	81.30 b B	43.99 bc BC	79.75 ab AB
100F	13.5 b A	1.18 c BC	0.57 b B	93.21 ab AB	33.99 cd CD	69.97 b B

饼肥与化肥配合施用, 具有有机肥和无机肥各自的优点, 烟草获得养分数量平稳, 前期不徒长、后期不早衰, 各叶片均得到充分发育, 表现为各部位叶片均较大、产量较高, 提高烤烟生长与经济效益^[2, 4]。

2.2 饼肥与无机肥比对土壤养分含量的影响

采集成熟期后土壤, 分析不同饼肥与无机肥的配比处理下土壤养分含量状况(表 2)。结果表明, 与 CK 相比较, 饼肥与无机肥配合施用的土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷及缓效钾均明显升高, 单施化肥处理土壤有机质、缓效钾含量保持不变, 土壤全氮、全磷、碱解氮、有效磷升高, 说明单施化肥同样具有培肥地力的作用^[14]。除了碱解氮外, 饼肥与无机肥配合施用处理对养分的提高显著高于单施化肥处理, 各养分指标提高幅度: 有机质 1.55%~28.81%、全氮 13.79%~43.10%、全磷 8.77%~33.33%、有效磷 29.42%~123.55%、速效钾 13.98%~36.79%, 说明饼肥与无机肥配合施用比单施化肥培肥土壤的作用更明显, 而且高比例的有机肥与无机肥配施较低比例的有机肥与无机肥配施更有利于培肥土壤。通常, 在土壤肥力较低的情况下, 单施化肥能够快速提供作物生长所必需的养分; 而高比例的有机肥配比处理中养分释放速率较慢, 难以及时补充作物生长需求。这就导致试验初期高比例饼肥与无机肥配施处理的作物产量往往不如化肥单施。因此有机肥的施用要与无机肥相结合, 以免造成早期供氮不足而后期供氮过头^[15]。

2.3 饼肥与无机肥比对土壤氮磷淋溶的影响

2.3.1 饼肥与无机肥比对土壤氮磷淋溶浓度的影响

由图 2a 可以看出, 土壤淋溶水氮浓度随烤烟生育期变化呈现中期降低后期稍有升高的现象, 即在旺长期较低, 旺长期到现蕾期、现蕾期到成熟期经过相对较长的时间淋溶累积, 氮浓度有一直上升的趋势^[16]。处理间淋溶水氮浓度比较, 烤烟生长的前期以单施化肥处理最高, 随着生育期的推进, 以高比例饼肥与无机肥配施处理的氮浓度高, 由于后期饼肥的大量矿化分解, 使得饼肥处理中后期土壤养分含量特别是氮素供应量比化肥处理多, 土壤淋溶水氮浓度随之升高^[17]。

由图 2b 可以看出, 土壤淋溶水磷浓度随生育期呈现先降低后升高的特征, 基本趋势与氮类似。由于烤烟在旺长期的磷素吸收量大, 淋溶水磷浓度处于较低的浓度水平, 其中 100F 处理淋溶水磷浓度最高, 饼肥与无机肥配比的处理浓度较低, 这是因为单施化肥能够快速提供作物生长所必需的养分; 而有机肥中养分释放速率较慢, 难以及时补充作物生长需求, 饼肥矿化分解的磷被烤烟所吸收^[18-20]。生育后期饼肥持续矿化分解出磷, 而作物对营养元素磷的需求量减少, 促使了淋溶水磷浓度的升高。

2.3.2 饼肥与无机肥比对土壤氮磷淋溶量的影响

烤烟整个生育期内淋溶水的氮总量见图 3a。研究表明, 处理间淋溶水的氮流失量由小到大的顺序为: CK<100M<75M+25F<50M+50F<25M+75F<100F,

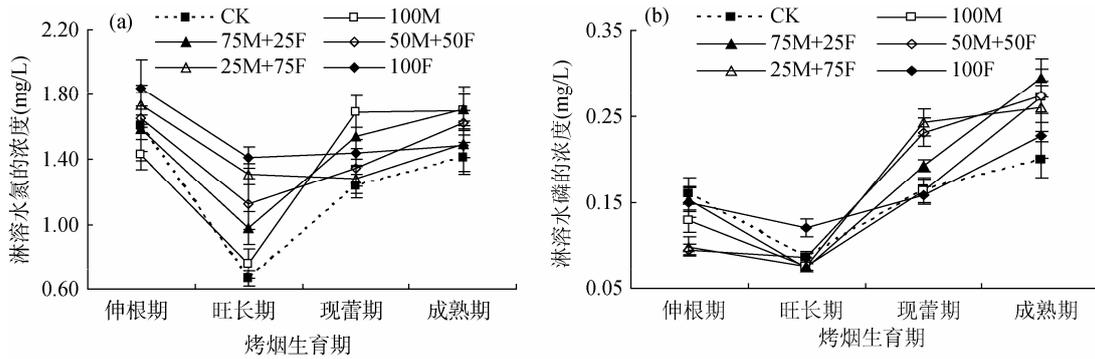
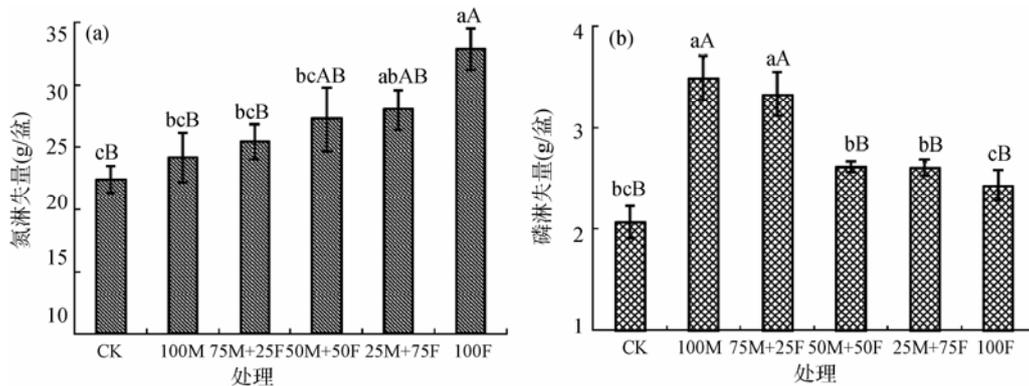


图 2 不同处理淋溶水氮(a)和磷(b)的浓度动态变化
Fig. 2 Changes of N (a) and P (b) concentrations in percolates under different treatments



(图中小写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.05$ 显著水平, 大写字母不同表示处理间差异达到 $P < 0.01$ 显著水平)

图 3 不同处理氮(a)和磷(b)流失量

Fig. 3 Losses of N (a) and P (b) under different treatments

饼肥、无机肥处理间淋溶水的氮总量差异不显著。随有机肥配施比例增加,氮淋失量均呈下降趋势,单施有机肥处理相对单施无机氮肥处理下降 35.89%,单施无机肥和 25M+75F 处理氮淋失量显著高于 CK,其他处理与 CK 处理氮淋失量差异不显著。适宜的饼肥与无机肥配比是减少氮淋失的有效措施,可以作为源头控制烟田养分流失的较好措施加以推广,减轻农业生产而产生的污染,由于有机肥本身具有养分释放缓慢的特点,而化学氮肥施入土壤后其分解释放速度较快,导致单施无机肥处理的土壤氮淋洗量较施用有机肥处理高^[16-17]。

不同施肥模式下,烤烟整个生育期内淋溶水的磷流失量为 2.07 ~ 3.34 g/盆,处理间流失量由大到小顺序为 100M > 75M+25F > 50M+50F > 25M+75F > 100F > CK(图 3b);与 CK 相比,各施肥模式磷流失量增加幅度为 17.58% ~ 68.74%,有机饼肥配比的磷流失量显著高于 CK 处理($P < 0.05$)。50M+50F、25M+75F 以及单施无机肥处理的磷流失量与 CK 处理差异达不到极显著水平,说明低剂量饼肥与无机肥配比处理并未极显著提高磷的流失风险。由于有机磷是土壤磷淋失的主要种类,因此,对于有机肥用量大的烟地土

壤,在评价土壤磷对水环境污染影响时,应把有机磷作为评价指标,而不能只考虑 Olsen-P 含量^[21]。

3 结论与讨论

单施化肥明显提高了根重、叶鲜重、叶面积系数、上等烟比例、单位产量及产值,低比例有机肥处理的烟叶生长与经济效益呈现高于高比例有机肥处理的趋势。不同处理的烤烟根重、叶鲜重、叶面积系数、上等烟比例及单位产值以 25M+75F 处理最高,单位产量以 50M+50F 处理最高。

与 CK 相比较,单施化肥处理土壤有机质、缓效钾含量保持不变,土壤全氮、全磷、碱解氮、有效磷含量升高,说明单施化肥同样具有培肥地力的作用。饼肥与无机肥配合施用的土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮、有效磷及缓效钾含量均明显升高,说明有机与无机肥配施比单施化肥培肥土壤的作用更加明显,而且在等氮条件下,在与无机肥配合施用中,高比例有机肥比低比例有机肥更有利于培肥土壤。

土壤淋溶水氮磷浓度随烤烟生育期变化呈现中期降低后期稍有升高的现象,从伸根期到旺长期下降,旺长期到现蕾期、现蕾期到成熟期经过相对较长

时间的淋溶累积,氮磷浓度有一直上升的趋势。单施化肥能够快速提供作物生长所必需的营养,烤烟生育前期以低比例饼肥与无机肥配合施用处理的淋溶水氮磷浓度较高,生育后期相反。

有机肥本身具有养分释放缓慢的特点,而无机氮肥施入土壤后其分解释放速度较快,导致单施无机肥处理的土壤氮淋洗量较施用有机肥处理高,因此,适宜的饼肥与无机肥配比是减少氮淋失的有效措施,可以作为源头控制烟田养分流失的较好措施加以推广,减轻农业生产而产生的污染。而有机磷是土壤磷淋失的主要种类,尤其生育后期饼肥持续矿化分解出磷,而此时作物对营养元素磷的需求量减少,促使了淋溶水磷浓度的升高,增加了磷流失风险。

等氮投入条件下不同饼肥与无机肥比对烤烟生长影响的差异可能只是试验时间较短情况下出现的暂时现象,随着培肥时间的延长和基础地力的提高,当土壤本身可以提供较多的矿质养分时,施肥方式之间的差异将降低。综合等氮条件下饼肥与无机肥比对烤烟生长和减轻氮磷环境污染两个角度考虑,50%饼肥与50%化肥配合施用效果更佳。

参考文献:

- [1] 王毅,瞿兴,杨跃,王巍,耿明建,付丽波,杨华,洪丽芳. 菜籽饼肥与化肥配合施用对烤烟生长及土壤养分的影响[J]. 华中农业大学学报, 2006, 25(1): 50-54
- [2] 胡建斌,刘久羽,蔡联合. 花生饼肥施用量对烤烟生长及产质量的影响[J]. 广西农业科学, 2010, 41(7): 683-685
- [3] 籍越,饶学明,刘卫群,陈江华. 芝麻饼肥与无机肥比对烟草根系生长发育的影响[J]. 河南农业大学学报, 2003, 37(3): 241-244, 256
- [4] 付利波,苏帆,陈华,洪丽芳,杨跃. 菜籽饼肥不同用量对烤烟产量及质量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 77-80
- [5] 杨丽萍,杨宇虹,赵正雄. 有机肥对植烟土壤氮素供应及土壤性状的影响[J]. 烟草科技, 2008(7): 58-61
- [6] 姚军,唐春霞,何丙辉. 紫色土坡耕地不同施肥水平下氮随径流流失特征研究[J]. 水土保持研究, 2010, 17(3): 54-57
- [7] 侯红乾,刘秀梅,刘光荣,李祖章,刘益仁,黄永兰,冀建华,邵彩虹,王福全. 有机无机肥配比比例对红壤稻田水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学, 2011, 44(3): 516-523
- [8] 张颖飞,蒋治国,堵燕钰,赵言文. 不同施肥模式对蔬菜产量及菜地氮流失的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 54-58
- [9] 王艳华,邱现奎,胡国庆,董元杰. 控释肥对坡地农田地表径流氮磷流失的影响[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 9-14
- [10] 刘守龙,童成立,吴金水,蒋平. 等氮条件下有机无机肥比对水稻产量的影响探讨[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 106-111
- [11] 谭德水,江丽华,张骞,孟丽,郑福丽,高新昊,徐钰,刘兆辉. 不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例[J]. 生态学报, 2011, 31(12): 3 488-3 496
- [12] 宁建凤,邹献中,杨少海,魏岚,巫金龙. 有机无机氮肥配施对土壤氮淋失及油麦菜生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 95-100
- [13] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002
- [14] 周卫军,王凯荣,张光远. 有机无机结合施肥对红壤稻田土壤氮素供应和水稻生产的影响[J]. 生态学报, 2003, 23(5): 914-921
- [15] 刘红江,陈留根,朱普平,盛婧,张岳芳,郑建初. 稻草还田对小麦产量、地表径流 NPK 流失量及土壤肥力的影响[J]. 水土保持学报, 2010, 24(6): 6-10
- [16] 王秀丽,孙波. 红壤旱地施用有机肥的氮素淋失过程[J]. 土壤学报, 2008, 44(1): 745-749
- [17] 杜晓玉,徐爱国,冀宏杰,朱晓晖. 华北地区施用有机肥对土壤氮组分及农田氮流失的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(6): 13-19
- [18] 杨赵,杨育华,支国强,毕金. 不同碳形态有机质对土壤氮磷流失的影响[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(S1): 51-54
- [19] 宋玉萍,杨苞梅,姚丽贤,何兆桓,周昌敏. 施用鸡粪土壤中磷的径流损失特征研究[J]. 水土保持学报, 2009, 23(6): 33-37
- [20] 廖文华,王新军,刘建玲. 磷肥和有机肥施用对白菜产量及磷素径流流失潜能的影响[J]. 河北农业大学学报, 2008, 31(3): 11-16
- [21] 庄远红,吴一群,李延. 有机无机磷肥配施对蔬菜地土壤磷素淋失的影响[J]. 土壤, 2007, 39(6): 905-909

Effects of Cake Fertilizer/Chemical Ratio on Flue-cured Tobacco Growth and Loss of Soil Nutrients Under Same Nitrogen Condition

YANG Chun-jiang¹, HU Zhong-sheng², SHI Xu³, ZHAO Qi-bai^{2*}, QIAN Zhi-hong³

(1 *Yunnan Academy of Tobacco Agricultural Sciences, Kunming 650021, China*; 2 *Jiangsu Tobacco Industrial Co., Ltd., Nanjing 210019, China*; 3 *Honghe Branch of Yunnan Provincial Tobacco Company, Honghe, Yunnan 672300, China*)

Abstract: Pot experiments were conducted in Yunnan Province of China. Six different treatments with mixed chemical and cake fertilizers, included no fertilization (CK), cake fertilizers only (100M), 75% organic manure and 25% chemical fertilizers (75M+25F), 50% organic manure and 50% chemical fertilizers (50M+50F), 25% organic manure and 75% chemical fertilizers (25M+70F) with their replications and N, P and K chemical fertilizers only (100F) were examined. N application rate was the same in all the treatments (except no fertilization in CK). The effects of the fertilization modes on flue-cured tobacco, as well as nitrogen, phosphorus and potassium accumulation, losses of N and P were investigated. The results showed that application of cake fertilizers fermented could promote the growth of flue-cured tobacco plant, enhance leaf yield, increase ratio of high quality and economic benefits level leaves, while no fertilization resulted in soil fertility degeneration. There was a significant increase of soil fertility with balanced fertilization while cake fertilizers application combined with chemical fertilizers increased soil fertility most. Both the concentrations of N and P in different treatments decreased first and then increased during the whole growing period. At the same applied amount of N fertilizer, soil nitrogen leakage amount decreased with the increase of the ratio of cake fertilizers applied, but the more proportion of cake fertilizers, the higher accumulative leaching amount of P in leachate. Based on the point of flue-cured tobacco growth and environment protection consideration, 1 : 1 of organic nitrogen/inorganic nitrogen was recommended in the flue-cured tobacco fertilization.

Key words: Cake fertilizers, Flue-cured tobacco, Soil, Nitrogen, Phosphorus