

秸秆发电和气化残余物作为肥料在烟叶生产上的应用研究

王前进^{1,2}, 李辉信¹, 李克才², 周阿永², 焦加国¹

1 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095;

2 台州市椒江区农业林业局农业技术推广中心, 台州 318000

摘要: 选用秸秆发电残余物(草木灰 1)和秸秆气化残余物(草木灰 2)作为钾肥,设置 4 个替代 K_2SO_4 的梯度,即 25%、50%、75%、100% (完全替代 K_2SO_4)。通过盆栽试验,研究不同施肥处理对烟叶产量和品质的影响,并评估安全性。结果表明,处理有机+化肥+草 1-50 和有机+化肥+草 2-75 可降低烟叶生产肥料成本,提高烟叶品质,同时不影响食用安全。

关键词: 秸秆发电残余物; 秸秆气化残余物; 烟草; 产量; 品质

doi: 10.3969/j.issn.1004-5708.2011.06.014

中图分类号: S572.6

文献标识码: A

文章编号: 1004-5708(2011)06-0070-05

The use of residues from straw power generation and gasification as fertilizer in leaf tobacco production

WANG Qian-jin^{1,2}, LI Hui-xin¹, LI Ke-cai², ZHOU A-yong², JIAO Jia-guo¹

1 College of Resources and Environmental Science, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2 Agricultural Technology Extension and Service Center, Jiaojiang Agriculture and Forestry Bureau, Taizhou 318000, China

Abstract: Residues from straw power generation (plant ash 1) and gasification (plant ash 2) were used as potassium fertilizer in pot experiment to study effects of different K_2SO_4 replaced ratios, i. e., 25%, 50%, 75%, and 100% on yield and quality of tobacco leaf. Results suggested that treatments of 50% replacement with plant ash 1 and 75% replacement with plant ash 2 resulted a bigger reduction in production cost and improvement in leaf quality with no increase in health risk.

Key words: residues of straw power generation; residues of straw gasification; tobacco; yield; quality

烟草是极喜钾作物,通常烟草吸钾量约为吸氮量的 2-3 倍^[1]。钾是品质元素,含钾量高被公认为是优质烟叶的指标之一。我国烟叶中含钾量一般不超过 2.5%,而美国等国家的优质烟叶含钾量可高达 4%-6%,这与我国烟草生产中缺少钾肥和钾肥利用率低有关^[1-3]。我国钾矿资源有限,目前已探明的可溶性钾肥资源(主要是以氯化钾形态)约为 4 亿吨,其中柴达木

盆地有 3.7 亿吨,占 92.5%,其它的难溶性和不溶性钾资源不仅分布不集中,而且都为低品位矿。长期以来我国的钾肥需要大量的进口,烟草同时又是忌氯作物,硫酸钾肥又要比氯化钾肥昂贵,因此,寻找一条新途径解决烟草生产中的钾素补给是当务之急。近年来,国内相继在烤烟生产中进行了增施有机肥、无机-有机肥配施以部分替代化肥以及施用生物菌剂以提高土壤中含钾矿物的有效性等试验,并相继取得了一定的增产提质的效果^[4-7]。

生物质能源作为新型能源,目前正在全国大力推行,秸秆发电和秸秆气化是我国生物质能源利用的主要方式。以江苏省为例,截止 2009 年全省共有 12 家秸秆发电厂并网发电,总装机容量 294 MW,年秸秆需

作者简介: 王前进,男,硕士,主要研究方向为土壤生态和肥料利用, E-mail: qianjinwang333@126.com

焦加国(通讯作者),男,博士,讲师,主要研究方向为土壤生态和废弃物资源利用, E-mail: jiaguojiao@njau.edu.cn

基金项目: 江苏省科技支撑计划(SBE201037788)

收稿日期: 2011-03-07

求量约 225 万吨 ,另在建或已批的秸秆发电企业还有 25 家 ,装机容量 617 MW ,年秸秆设计需求量 440 万吨 ,两者合计仅江苏一年用于发电的秸秆需求量约为 665 万吨^[8]。随之产生的残余物-草木灰的量也十分巨大 ,据资料 ,一般秸秆含灰分 3% -5%^[9] ,以平均 4% 计算 665 万吨秸秆利用后可产生草木灰约为 26.6 万吨 ,数量相当可观。

本文选用秸秆发电和气化后的残余物作为新型的有机钾肥源替代化肥硫酸钾 ,盆栽试验证明草木灰部分替代硫酸钾不仅可以降低烟叶生产肥料成本 ,还可以提高烟叶品质 ,同时不会带来烟叶安全问题。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试烟草品种为 K326(包衣种子) ;供试土壤采自南京市板桥镇 ,为潮土; 秸秆发电残余物采自于江苏宿迁中节能(宿迁) 生物质能发电有限公司 ,标记为草木灰 1; 秸秆气化残余物取自徐州市贾汪区一秸秆气化厂 ,标记为草木灰 2; 土壤和草木灰的基本理化性状见表 1。有机肥取自江阴市联业生物科技有限公司生产的天萌牌有机肥 , $N + P_2O_5 + K_2O \geq 5\%$,有机质 $\geq 35\%$,氮肥用硝酸铵 ,磷肥用磷酸二氢钠 ,钾肥用硫酸钾。

表 1 草木灰 1、2 与板桥潮土的基本理化性状			
测定项目	草木灰 1	草木灰 2	潮土
pH	9. 34	8. 42	5. 08
有机质/(g · kg ⁻¹)	6. 17	142. 63	19. 34
全氮(N)/(g · kg ⁻¹)	0. 48	1. 87	1. 18
全磷(P ₂ O ₅)/(g · kg ⁻¹)	6. 69	3. 29	-
全钾(K ₂ O)/(g · kg ⁻¹)	107. 56	84. 05	-
有效钾/(g · kg ⁻¹)	99. 20	75. 65	-
速效氮/(mg · kg ⁻¹)	-	-	53. 84
速效磷/(mg · kg ⁻¹)	-	-	24. 49
速效钾/(mg · kg ⁻¹)	-	-	85. 82
砷/(mg · kg ⁻¹)	14. 72	5. 01	3. 27
镉/(mg · kg ⁻¹)	5. 32	5. 02	0. 10
铅/(mg · kg ⁻¹)	103. 78	18. 11	4. 17

注 “-”表示未检测。

1.2 试验设计

共设 12 个处理 ,每个处理 3 次重复 ,详见表 2。除 CK 外 ,各处理间的肥料养分含量相同; 有机肥以含氮量与化肥换算; 草木灰以含钾量与化肥换算 ,不足量由相应的化学肥料补充; 有机和化肥配施时有机肥占总养分的 30% ,化肥占 70%; 草 1-25 代表此处理在有机肥和化肥混施的基础上 ,25% 的化肥硫酸钾用草木灰 1 代替 ,下同。

表 2 试验方案简介

处理	简介
CK	不施肥
有机肥 organic fertilizer	单施有机肥 ,不施化肥
化肥 chemical fertilizer	单施化肥 ,不施有机肥
有机 + 化肥 chemical -organic fertilizer	有机化肥混施
草 1-25 Straw ash1-25	有机化肥混施(75% K ₂ SO ₄ + 25% 草木灰 1)
草 1-50 Straw ash1-50	有机化肥混施(50% K ₂ SO ₄ + 50% 草木灰 1)
草 1-75 Straw ash1-75	有机化肥混施(25% K ₂ SO ₄ + 75% 草木灰 1)
草 1-100 Straw ash1-100	有机化肥混施(0% K ₂ SO ₄ + 100% 草木灰 1)
草 2-25 Straw ash2-25	有机化肥混施(75% K ₂ SO ₄ + 25% 草木灰 2)
草 2-50 Straw ash2-50	有机化肥混施(50% K ₂ SO ₄ + 50% 草木灰 2)
草 2-75 Straw ash2-75	有机化肥混施(25% K ₂ SO ₄ + 75% 草木灰 2)
草 2-100 Straw ash2-100	有机化肥混施(0% K ₂ SO ₄ + 100% 草木灰 2)

1.3 试验管理

4 月 21 日烟草育苗 ,5 月 23 日烟草移入盆中 ,整个生育期氮磷钾的需求比列为 N: P₂O₅: K₂O = 1: 2: 3。纯氮按 0. 2 g · kg⁻¹ 干土施入。氮肥以总量的 70% 做

基肥 磷肥全部作为基肥 ,钾肥以总量的 60% 作为基肥 草木灰和有机肥全部作为基肥施入 ,6 月 22 日将剩余的 30% 的氮肥和 40% 的钾肥施入 ,7 月 22 日打顶 8 月 12 日采摘中部烟叶烘烤用作分析。

1.4 测定项目

土壤基本理化性状和植株样中重金属测定采用实验室常规分析方法^[10] ,重金属测定用等离子发射光谱仪; 烟叶烘烤采用特制可编程的人工培养箱进行烘烤 ,取中部烟叶烘烤后测定各指标 还原糖、烟碱和烟叶 K 含量按文献 [11] 方法测定; 总糖采用文献 [12] 方法测定; 全 N 采用凯氏定氮法^[10] 测定; 氯测定采用硝酸银滴定法。

1.5 数据统计分析

所有数据采用 Excel2003 和 SAS 软件处理。采用单因素方差分析(ANOVA) 来检验不同处理间的差异 ,如果有显著差异 ,则进一步用 Duncan 方法进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 施用草木灰对土壤基本理化性状的影响

除施加化肥处理外 ,其它处理的 pH 相对于原土来说都有不同程度升高 ,且 pH 的增加幅度随着草木灰施入比例的增加而升高(表 3) 。这是因为草木灰 1-2 都是呈碱性的 ,而硝酸铵长期使用易造成土壤酸化; 单施有机肥的处理 ,在培肥土壤肥力方面是最显著的 ,这主要是因为有机肥中有机质含量高 ,肥效长的缘故; 有机肥和化肥配施是当前烟草施肥的主要方式 ,有机肥与化肥合理配施既能协调烟株营养 ,又能促进烟株生长健壮 ,发育良好。与有机肥 + 化肥配施处理相比 ,草 1-50 处理的 pH、有机质、速效氮都显著较高 ,而速效磷和速效钾差异不显著 ,草 2-75 处理的 pH、有机质、速效氮、速效磷显著较高 ,而全氮和速效钾显著较低; 将所有添加草木灰的 8 个处理与有机肥 + 化肥的处理进行综合比较 ,可以看出添加草木灰后均不同程度的提高了土壤的 pH 值和速效磷的含量 ,改善了烟草生长所需要的环境条件 ,提高了土壤的培肥能力。

表 3 各处理间土壤基本理化性状的比较

处理	pH	有机质	全氮	速效氮	速效磷	速效钾
原土	6.06 l	20.25 i	1.29 f	56.53 e	24.51 c	115.83 h
CK	6.37 h	21.01 hi	1.27 f	54.27 f	24.18 c	98.96 i
有机肥	6.54 d	45.26 a	1.61 a	63.12 a	26.09 ab	260.57 b
化肥	6.01 m	21.74 hg	1.45 e	57.91 d	24.45 c	167.63 g
有机 + 化肥	6.17 k	22.33 hg	1.56 b	59.45 c	24.89 bc	272.54 a
草 1-25	6.41 g	22.02 hfg	1.53 bcd	59.51 c	26.13 ab	259.99 b
草 1-50	6.44 f	23.01 f	1.51 cd	61.01 b	26.16 ab	266.84 ab
草 1-75	6.71 c	25.11 e	1.51 d	63.63 a	26.35 ab	186.44 f
草 1-100	6.83 a	24.32 e	1.47 e	61.36 b	26.79 a	171.05 f
草 2-25	6.27 j	27.31 d	1.54 bc	63.46 a	27.57 a	248.02 c
草 2-50	6.34 i	33.09 c	1.53 bcd	63.41 a	27.21 a	229.78 d
草 2-75	6.51 e	37.19 b	1.52 cd	62.78 a	27.18 a	196.71 e
草 2-100	6.78 b	27.16 d	1.47 e	61.39 b	26.88 a	165.16 g

注: 同一列中数据后跟随的不同字母代表显著性差异($p < 0.05$) ,下同。

2.2 施用草木灰对烟叶的品质的影响

烟叶品质不是取决于某一种或几种化学成分的绝对含量 ,而取决于多种成分的协调。目前通用的烟叶品质指标主要有施木克值、氮碱比、糖碱比、钾氯比等指标。一般认为烤烟的施木克值在 2~2.5 之间较好 ,氮碱比以 1:1 较适宜 ,糖碱比以 10:1 较好 ,钾氯比大于 4:1 较好^[13]。

从表 4 和表 5 可知 在所有处理中 ,单施化肥处理的烟碱、总氮、还原性糖、总糖、蛋白质的含量均显著高于其它处理 ,这可能是由于化肥养分有效性高 ,烟草对其吸收较好的原因; 处理草 1-50、草 2-75 与处理有机

肥 + 化肥各品质元素的含量也都较高 ,施木克值(糖与蛋白质比值) 、氮碱比、糖碱比、钾氯比也都比较协调; CK、单施有机肥和单施化肥的处理不仅烟草品质元素含量变化较大 ,而且各比值也极不协调。

另从图 1 可知 ,草 1-50 处理的烟叶干重最高; 草 2-75 处理次之 ,这两个处理与处理有机肥 + 化肥相比均差异显著。在等氮磷钾养分条件下 ,将有机肥和化肥配合施用 ,有机肥促进氮磷钾养分平衡供应 ,从而使烟叶中的糖碱比更为协调 ,改善了烟叶品质。综合考虑 ,草 1-50 和草 2-75 处理最好。

表 4 不同处理间烟叶化学品质的比较 (%)

处理	烟碱	总氮	还原糖	总糖	钾	氯	蛋白质
CK	1.22 f	1.42 f	19.56 h	21.97 i	2.11 g	0.46 f	8.85 f
有机肥	2.08 e	1.88 c	22.68 b	25.45 c	2.65 cde	0.94 a	11.75 c
化肥	3.39 a	2.52 a	23.36 a	29.88 a	3.31 a	0.52 ef	15.73 a
有机 + 化肥	2.44 d	2.05 b	21.72 c	26.24 b	2.88 b	0.64 bc	12.81 b
草 1-25	3.01 b	1.68 de	20.89 e	23.33 g	2.84 bc	0.69 b	10.52 de
草 1-50	2.45 d	1.88 c	21.24 d	23.69 e	2.57 de	0.56 cde	11.77 c
草 1-75	2.34 de	1.68 de	21.85 c	24.64 d	2.48 ef	0.54 def	10.47 de
草 1-100	2.11 e	1.70 de	20.55 f	22.98 h	2.52 de	0.64 bc	10.63 de
草 2-25	2.77 bc	1.57 e	20.21 g	26.20 b	2.82 bc	0.63 bc	9.79 e
草 2-50	2.52 cd	1.73 d	20.51f	23.01 h	2.67 cd	0.60 cde	10.83 d
草 2-75	2.31 de	1.96 bc	20.40 f	23.52 f	2.48 ef	0.52 ef	12.24 bc
草 2-100	2.14 e	1.56 e	19.33 i	21.37 i	2.36 f	1.24 bcd	9.74 e

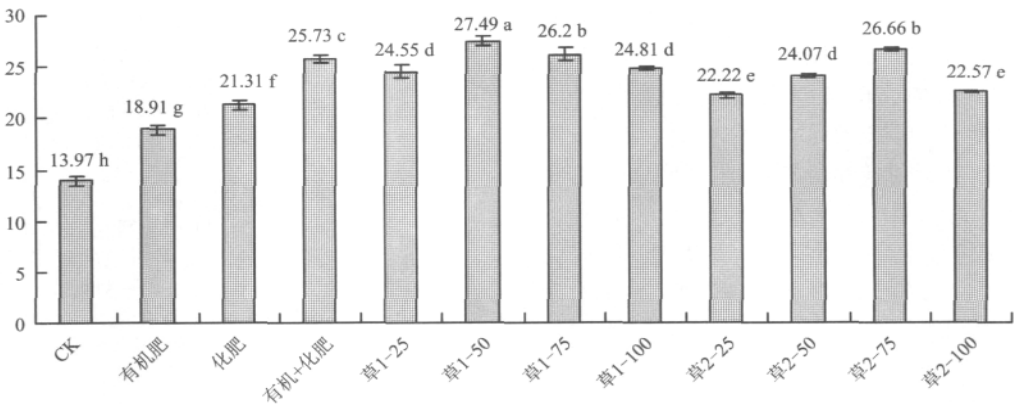


图 1 各处理烟叶的干重比较(单位: g/10 片)

表 5 几种评价烟叶品质指标的比较

处理	施木克值	氮碱比	糖碱比	钾氯比
CK	2.49	1.16	18.00	4.54
有机肥	2.01	0.90	12.24	2.80
化肥	1.87	0.74	8.81	6.42
有机 + 化肥	2.03	0.84	10.75	4.53
草 1-25	2.22	0.55	7.75	4.12
草 1-50	2.01	0.77	9.67	4.55
草 1-75	2.34	0.72	10.52	4.64
草 1-100	2.17	0.80	10.89	3.91
草 2-25	2.61	0.57	9.46	4.48
草 2-50	2.14	0.69	9.43	4.49
草 2-75	2.08	0.85	10.18	4.82
草 2-100	2.21	0.73	9.98	3.80

2.3 施用草木灰对烟叶中重金属含量的影响

一般认为 Pb 和 Cd 是影响我国烟叶安全性的主要重金属元素^[14]。烟草对 Cd 吸收能力极强,对 Pb 也具有较强的吸收性,并可残留在作物的各个部位^[15]。

Mills 和 Parker^[16] 认为烟草中 Cd 的浓度与土壤中 Cd 的浓度呈线性正相关关系。王学锋等^[17] 研究表明,多元素复合可以促进 Cd 向地上部迁移,而 Pb 刚好相反。本试验中,由于草木灰、有机肥、化肥中均含有不等量的重金属元素,而且各重金属元素之间关系错综复杂,因此只对单施化肥处理和添加草木灰处理做简单讨论。

由表 6 知,单施化肥处理 Zn、Cd、Pb、Ni、As 的含量均为最高,添加草木灰的 8 个处理重金属含量并没有随着草木灰添加比例的增加而增加,各处理均未检出 Hg 和 Cr。作物主要吸收土壤中重金属的有效态,单施化肥处理由于化肥的施用导致土壤 pH 值降低,重金属被活化,从而使其有效性提高,转移性增强,因此单施化肥处理的烟叶中各重金属元素含量是最高的;草木灰属碱性,施用草木灰可使土壤 pH 值提高,提高了土壤环境本身的缓冲性,降低重金属有效性和转移率。

表 6 各处理烟叶中重金属含量的比较

(mg · kg⁻¹)

处理	Zn	Cd	Ni	As	Pb	Hg	Cr
CK	33.23 d	0.049 ef	0.38 f	0.16 i	2.11 c	..	..
有机肥	59.51 ab	0.055 cde	3.49 a	0.37 b	4.61 bc	..	..
化肥	64.24 a	0.110 a	4.08 a	0.43 a	7.34 a	..	..
有机 + 化肥	53.89 abc	0.067 b	1.23 cdef	0.27 f	6.61 b	..	..
草 1-25	44.05 bed	0.055 cde	2.44 b	0.34 c	2.92 c	..	..
草 1-50	48.78 abcd	0.051 def	0.82 def	0.31 d	2.82 b	..	..
草 1-75	40.62 cd	0.044 f	0.57 ef	0.32 d	2.95 b	..	..
草 1-100	52.45 abc	0.056 cde	1.17 cdef	0.32 d	3.63 bc	..	..
草 2-25	57.83 abc	0.063 bc	2.34 b	0.24 g	3.99 bc	..	..
草 2-50	54.98 abc	0.051 def	2.08 bc	0.22 h	3.51 bc	..	..
草 2-75	56.26 abc	0.058 cd	1.64 bcde	0.22 h	3.14 bc	..	..
草 2-100	49.45 abcd	0.054 de	1.81 bcd	0.29 e	3.62 bc	..	..

2.4 各处理生产成本的计算比较

烟草整个生育期氮磷钾的比例约为 1:2:3,一般烟草每公顷施纯氮 90 kg,相应的施钾肥应为 270 kg。本试验所用有机肥 N:P₂O₅:K₂O = 2.20%:1.72%:2.19%,有机质 ≥ 35%,2009 年 5 月报价为 520 元/吨,同期硫酸钾南京市场售价约为 3200 元/吨。根据设计的试验方案,在提供等量钾肥的情况下,处理有机肥 + 化肥的成本为 2340.16 元/公顷,处理草 1-50 的成本为 1490.63 元/公顷,处理草 2-75 的成本为 1065.86 元/公顷;处理草 1-50 和处理草 2-75 相对于处理有机肥 + 化肥每公顷分别节约 849.13 元和 1274.30 元。

3 结论与讨论

作物获得高产很容易,但要同时获得优质,则要求两者之间存在一种平衡,这个平衡主要是营养元素之间的合理配比^[19-20]。草木灰中的钾主要是以碳酸钾的形式存在,有效性比较高,将草木灰一定量的替代化学钾肥,不仅使钾素供应得到了保障,而且还因为草木灰中含有的其它的磷、钙、镁、硼等元素,也可能使得各元素出现相互协同效应,从而使植物体内养分供应更平衡,更充分。

本试验证明草木灰部分替代化学钾肥可提高烟叶品质,降低成本,长期施用还有培肥地力的作用,同时还可以消化掉秸秆发电厂的残渣,是烟叶生产上可以推广的施肥措施。就本试验而言,处理有机 + 化肥 + 草 1-50 和有机 + 化肥 + 草 2-75 较优。

参考文献

- [1] 曹志洪,王恩沛. 土壤供钾特性和烤烟的钾肥有效施用[J]. 烟草科技. 1993(2):33-37.
- [2] 朱尊权. 当前我国优质烤烟生产中存在的问题[J]. 烟草科技,1993(2):2-7.

- [3] 高菊生,秦道珠,陈福兴等. 钾镁肥配施对烟草产量和品质的影响[J]. 湖南农业科学 2001(1):29-30.
- [4] 刘汉,杨邦俊,王伯毅. 有机肥与化肥配施对烤烟品质的影响[J]. 中国烟草科学,1999(1):18-21.
- [5] 刘泓. 有机肥与化肥配施对烤烟 K 吸收和干物质积累的影响[J]. 福建农业大学学报,1998,27(3):337-341.
- [6] 徐福利,梁东丽,李小平. 有机钾肥对西瓜、辣椒、烟草产量和品质的影响[J]. 西北农业学报,1997,6(4):59-61.
- [7] 沈中泉,郭云桃,张在淳,等. 有机无机肥料配合施用对烟叶品质的影响[J]. 烟草科技,1988(6):49-53.
- [8] 张钦,周德群. 江苏省秸秆发电的现状分析及对策[J]. 中国软科学,2010(10):104-111.
- [9] <http://www.ncpe.com.cn/nc/tjzyw/gckjlt/lit060206.htm>
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [11] 王瑞新,韩富根. 烟草化学品质分析方法[M]. 郑州:河南科学技术出版社,1992.
- [12] 邹琦,郭蔼光,梁作勤. 植物生理生化实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,1995.
- [13] 徐秋萍. 衡量烟草品质的指标[J]. 农业科技通讯,1994(7):11.
- [14] 张艳玲,尹启生,周汉平,等. 中国烟叶铅、镉、砷的含量及分布特征[J]. 烟草科技 2006(11):49-57.
- [15] 王晓敏,王书成. 重金属对烟草的影响及其治理[J]. 河北农业科学,2008,12(7):15-17.
- [16] Miles L J, Parker G R. DTPA soil extractable and plant heavy metal concentrations with soil-added Cd treatments[J]. Plant and soil, 1979, S1: 51-59.
- [17] 王学锋,师东阳,刘淑萍,等. Cd-Pb 复合污染在土壤-烟草系统中生态效应的研究[J]. 土壤通报,2007,38(4):737-740.
- [18] 杨永建,刘芳,李永忠,等. 烟叶重金属及砷限量标准制定研究初探[J]. 云南农业大学学报,2007,22(4):525-530.
- [19] 潘艳华,胡靖,杨树明,等. 土壤氮磷钾肥量比对烤烟产量品质的影响[J]. 西南农业大学学报,2000,22(2):21-23.
- [20] 戴平安,刘向华,易国英,等. 氮磷钾及有机肥不同配施量对水稻品质和产量效应的研究[J]. 作物研究,1999(3):62-66.