

ISSN 0564-3929

Acta Pedologica Sinica 土壤学报

Turang Xuebao



中国土壤学会 主办
科学出版社 出版

2015

第52卷 第3期

Vol.52 No.3



土壤学报

(Turang Xuebao)



第 52 卷 第 3 期 2015 年 5 月

目 次

综述与评论

- 强还原土壤灭菌防控作物土传病的应用研究····· 蔡祖聪 张金波 黄新琦等 (469)
土壤裂隙及其优先流研究进展····· 张中彬 彭新华 (477)

研究论文

- 东北典型黑土区农耕土壤团聚体流失特征····· 温磊磊 郑粉莉 沈海鸥等 (489)
青藏高原永冻土活动层厚度预测指标集的建立及制图····· 陈吉科 赵玉国 赵 林等 (499)
贡嘎山海螺沟冰川退缩区土壤序列矿物组成变化····· 杨子江 邴海健 周 俊等 (507)
成都典型区水稻土有机碳组分构成及其影响因素研究····· 廖 丹 于东升 赵永存等 (517)
河北省土壤温度与干湿状况的时空变化特征····· 曹祥会 雷秋良 龙怀玉等 (528)
喀斯特小流域土壤饱和导水率垂直分布特征····· 付同刚 陈洪松 王克林 (538)
大沽河中游地区土壤水与浅层地下水转化关系研究····· 杨玉峥 林 青 王松禄等 (547)
化学转化法测定水体中硝酸盐的氮氧同位素比值····· 王 曦 曹亚澄 韩 勇等 (558)
¹³C脉冲标记定量研究施氮量对光合碳在水稻-土壤系统中分布的影响 ··· 刘 萍 江春玉 李忠佩 (567)
垄作免耕对稻田垄埂土壤有机碳累积和作物产量的影响····· 慈 恩 王莲阁 丁长欢等 (576)
施入¹⁵N标记氮肥在长期不同培肥土壤的残留及其利用 ····· 赵 伟 梁 斌 周建斌 (587)
长期不同施肥对红壤性水稻土产量及基础地力的影响····· 鲁艳红 廖育林 周 兴等 (597)
长期施肥对双季稻产量变化趋势、稳定性和可持续性的影响····· 冀建华 侯红乾 刘益仁等 (607)
高粱分泌硝化抑制物对羟基苯丙酸与质子泵的关系研究····· 周金泉 张明超 魏志军等 (620)
钝化剂-锌肥降低烟草镉含量长期效果研究 ····· 曹晨亮 王 卫 马义兵等 (628)
钾肥和腐殖酸互作对烤烟有机钾盐指数的影响····· 郑东方 许嘉阳 许自成等 (637)
桉树取代马尾松对土壤养分和酶活性的影响····· 张 凯 郑 华 陈法霖等 (646)
荒漠区生物土壤结皮对土壤酶活性的影响····· 杨航宇 刘艳梅 王廷璞 (654)
高量秸秆不同深度还田对黑土有机质组成和酶活性的影响····· 矫丽娜 李志洪 殷程程等 (665)
链霉菌JD211对水稻幼苗促生作用及土壤细菌多样性的影响 ····· 王世强 魏赛金 杨陶陶等 (673)

研究简报

- 基于最小数据集的塔里木河上游绿洲土壤质量评价····· 贡 璐 张雪妮 冉启洋 (682)
铁膜对水稻根表面电学性质和氮磷钾短期吸收的影响····· 郑芸芸 李忠意 李九玉等 (690)
长期不同施肥条件下红壤性水稻土微生物群落结构的变化····· 夏 昕 石 坤 黄欠如等 (697)
滨海盐碱地不同造林树种林地土壤盐碱化特征····· 王合云 李红丽 董 智等 (706)

信息

- 2015国际土壤年 ····· (696)

封面图片：稻田裂隙二维与三维图像 (由张中彬提供)

DOI: 10.11766/trxb201406170290

钾肥和腐殖酸互作对烤烟有机钾盐指数的影响*

郑东方¹ 许嘉阳^{2, 1} 许自成^{1†} 郭利³ 曹丽君³ 孟黎明¹
黄五星¹ 彭功银³ 高传奇³

(1 河南农业大学烟草学院, 郑州 450002)

(2 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

(3 湖北省烟草公司襄阳市公司, 湖北襄阳 441003)

摘要 以烤烟品种金神农1号为材料, 采用钾肥与腐殖酸双因子大田试验, 分析了不同钾肥和腐殖酸水平及其互作对烤烟干物质、化学成分、香味物质及有机钾盐指数的影响。结果表明: 在同一钾肥水平下增施腐殖酸及在同一腐殖酸水平下增施钾肥均可增加烤烟前期的总干物质和烘烤后烟叶的总香味物质量, 改善烟叶化学成分, 提高有机钾盐指数; 钾肥和腐殖酸互作对烟叶还原糖、总氮、氮碱比、钾及有机钾盐指数均有显著的正效应, 而对烤烟干物质质量及其余化学成分指标的影响则未达到显著水平; 较高水平的钾肥和腐殖酸配施相对于较低水平两者配施有利于改善烤烟品质, 提高烟叶钾含量和有机钾盐指数。

关键词 烤烟; 钾肥; 腐殖酸; 品质; 有机钾盐指数

中图分类号 S572 **文献标识码** A

烟草是我国重要的经济作物之一, 种植面积和总产量位居世界第一^[1]。有研究表明, 烤烟生长发育受气候和土壤, 进而影响烟叶化学成分和吸食品质^[2-4]。钾是高等植物必需的矿质元素, 在植物体内集中分布在细胞的胞液内, 在植物的整个代谢过程中起着重要作用。钾离子是最重要的渗透基质, 能维持细胞膨压和调节水分关系, 促进植物生长^[5-6]。在适宜的范围内施用钾肥能够增加烟叶中水溶性总糖和还原糖的含量, 钾含量稍有增加^[7]。烟叶中的钾可以降低烟叶燃烧温度, 降低烟气中CO、焦油的含量, 提高吸食安全性^[8-11]。钾肥的施用量影响着烤烟的生长发育、产质量及钾含量^[12-13]。刘国顺等^[14]研究表明, 随着钾肥用量的增加, 根、茎、叶钾含量增加, 但在整个生长过程中, 根、茎、叶钾含量随烟株生育进程的推进而降低。腐殖酸是一种安全环保多效的植物生长调节物质, 能增强植物抗逆性, 刺激植株生长, 改良

土壤, 调节水、肥、气和热状况及土壤pH^[15-16]。腐殖酸能明显提高烟叶中p素、K素、总糖、还原糖含量、钾氯比和糖碱比值, 以及糠醛、苯甲醛、茄酮、巨豆三烯酮和新植二烯等主要香气成分的含量, 改善烟草的吃味^[17-21]。已从单一施用钾素或腐殖酸用量对烤烟烟叶品质及产量的影响等方面进行了大量研究, 而目前关于钾肥和腐殖酸互作的研究尚未见报道。本试验通过研究不同水平钾肥和腐殖酸用量配施处理对烤烟生物量、化学成分、香气成分及烤烟有机钾盐指数的影响, 以期对优质适产烤烟施肥技术提供参考依据。

1 材料与amp;方法

1.1 试验地

试验于2013年在湖北省枣阳市七方镇邓寨村(32°09'21.31" N, 112°36'47.02" E; 海拔134

*湖北省烟草公司重点项目(027Y2013-012)资助

†通讯作者: E-mail: zexu@sohu.com

作者简介: 郑东方(1989—), 硕士研究生, 从事烟草生态与质量评价。E-mail: zhengdongfang@outlook.com

收稿日期: 2014-06-17; 收到修改稿日期: 2014-11-13

m) 进行。该地区年平均无霜期为232 d, 降雨量750~850 mm, 年日照时数平均为2100 h, 年平均气温15.5 °C。试验田地势平坦, 轻黏土, 肥力中等, 前茬作物为烤烟, 土壤主要化学性状为: 碱解氮97.93 mg kg⁻¹, 速效磷4.54 mg kg⁻¹, 速效钾145.62 mg kg⁻¹, pH 6.18, 有机质16.23 g kg⁻¹。

1.2 供试材料

供试烤烟品种为金神农1号, 钾肥选用硫酸钾, 钾(K₂O)含量为500 g kg⁻¹; 腐殖酸(HA)由河南省农业科学院提供, 活性HA含量≥400 g kg⁻¹。

1.3 试验设计

本试验设钾肥两个水平分别为K₂O 206.25 kg hm⁻² (K₁), K₂O 273.75 kg hm⁻² (K₂); 腐殖酸两个水平分别为90 kg hm⁻² (H₁), 180 kg hm⁻² (H₂)。共设置4个处理, 分别为T1: 钾肥K₁, 腐殖酸H₁; T2: 钾肥K₂, 腐殖酸H₁; T3: 钾肥K₁, 腐殖酸H₂; T4: 钾肥K₂, 腐殖酸H₂。每个处理钾肥和腐殖酸基追肥比例均为6:4, 追施时腐殖酸与钾肥一起混合, 于移栽后30~40 d (旺长期) 追施, 所有处理保持氮、磷肥用量一致: 施氮量82.5 kg hm⁻², 施磷量P₂O₅ 82.5 kg hm⁻²。各处理均重复3次, 小区随机排列; 小区面积为66 m² (2 m × 33 m), 132株烤烟/区, 行株距1.0 m × 0.5 m。小区四周起垄, 垄宽40 cm, 垄上覆膜, 以防止水肥外流。试验田烟苗移栽时间为2013年4月29日, 7月2日开始采收, 10月5日结束采收, 烤烟田间管理按照当地标准化栽培措施进行。

1.4 测定项目及数据处理

干物质重: 烘干称重法。在移栽后60 d (烟株打叉当天) 每处理取样3株未打叉烟株, 用清水将根、茎、叶冲洗干净, 在105 °C下杀青30 min, 然后在70 °C下烘干至恒重, 称重并记录。烤后烟叶, 取中部叶进行烟碱、总糖、还原糖、总氮、钾、硫酸根、氯含量测定。烟碱含量采用比色法测定, 总糖、还原糖含量采用蒽酮硫酸法测定, 总氮、钾、氯含量采用流动分析法测定^[22-24], 硫酸根含量采用重量法测定^[25], 有机钾盐指数(%)的计算公式为: $1.20(K_{\text{总}}^+ \% - 1.10\text{Cl}^- \% - 0.81\text{SO}_4^{2-} \%)$ ^[26], 中性香气成分的测定参照文献[27]。

试验数据采用Microsoft Excel 2003软件进行整理和图表绘制, 采用SPSS 21.0软件对数据进行F检

验和多重比较。

2 结果

2.1 钾肥和腐殖酸互作对烤烟干物质的影响

从表1极差分析表明, K₂相对于K₁烤烟的根、茎、叶及总干重均有增加; H₂相对于H₁, 烤烟的根、叶、总干重均有较大的增加; 除茎干重指标外, 其他指标腐殖酸处理极差均大于钾肥处理极差, 腐殖酸的影响较大。T4处理除茎干重外, 其他干物质重表现最好。方差分析表明, 腐殖酸对烤烟根干重的影响达到显著($p < 0.05$), 对叶、总干重的影响达到极显著($p < 0.01$); 钾肥对烤烟叶、总干重的影响达到显著($p < 0.05$), 但二者的交互作用对其影响不显著($p > 0.05$) (表2)。

2.2 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶化学成分的影响

由表3极差分析结果可知, 烤后烟叶中H₂相对于H₁烟碱、总糖、还原糖、总氮含量及氮碱比均有增加, 这与腐殖酸促进烟草的生长发育, 增加叶绿素含量, 导致有机物质的合成增加有关。同时, 钾素的施用提高了烟株的净光合速率, 导致碳水化合物的合成增加, K₂相对于K₁烤后烟叶中总糖、还原糖含量及糖碱比和氮碱比均有提高。烟叶中的总糖和还原糖含量对烟气的香气和吃味均有良好的作用, 并能减少烟气的刺激性。方差分析表明, 腐殖酸对烤后烟叶总糖含量有显著($p < 0.05$)的正效应, 钾肥对烤后烟叶总糖、还原糖含量及氮碱比有极显著($p < 0.01$)的正效应, 对烤后烟叶烟碱含量有显著($p < 0.05$)的正效应, 钾肥与腐殖酸互作对烤后烟叶还原糖、总氮含量及氮碱比有显著($p < 0.05$)的正效应(表4)。

2.3 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶香味物质的影响

图1和图2表明, 除芳香族氨基酸降解产物外, K₂对其他香味香气物质含量均有增加, 这与H₂的作用结果相同, 通过比较两者对香味物质的增加量, 腐殖酸的作用结果较好。新植二烯是烟草中性致香物质中含量最高的成分, 其含量的高低直接影响烟叶的吃味和香味, 而且还影响其他致香成分的形成。从新植二烯含量来看, K₂、H₂的新植二烯含量较高, H₂的新植二烯总量大于K₂, 腐殖酸对烤后烟叶新植二烯含量的增加优于钾肥。各处理中T4的新植二烯含量最高, 香味物质总量也最高。

表1 钾肥和腐殖酸互作对烤烟干物质的影响

Table 1 Effect of interaction of potassium with humic-acid on dry biomass of flue-cured tobacco

处理 Treatment	根干重 Dry weight of root (g)	茎干重 Dry weight of stem (g)	叶干重 Dry weight of leaf (g)	总干重 Total dry weight (g)
T1	30.40 ± 2.95b	63.67 ± 1.09a	105.0 ± 2.2c	199.1 ± 5.5c
T2	33.53 ± 1.68ab	71.93 ± 2.08a	110.4 ± 2.4c	215.9 ± 0.5bc
T3	37.80 ± 1.22ab	67.40 ± 5.70a	125.9 ± 2.3b	231.1 ± 6.5ab
T4	41.26 ± 3.43a	66.00 ± 0.90a	134.4 ± 1.8a	241.7 ± 5.8a
施钾处理极差 Range of potassium treatments	3.30	3.43	6.93	13.67
施腐殖酸处理极差 Range of humic acid treatments	7.57	-1.10	22.47	28.93

注: 小写字母表示 $p < 0.05$ 水平; 同一列中不同字母代表差异显著 Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $p < 0.05$

表2 钾肥和腐殖酸互作对烤烟根干重、茎干重、叶干重和总干重影响的 F 检验Table 2 F -test of the effects of interaction between potassium and humic-acid on dry biomass of flue-cured tobacco

来源 Source	根干重 Dry weight of root (g)	茎干重 Dry weight of stem (g)	叶干重 Dry weight of leaf (g)	总干重 Total dry weight (g)
腐殖酸 Humic acid	9.25*	0.12	105.1**	31.31**
钾肥 Potassium	1.76	1.22	10.01*	6.99*
腐殖酸 × 钾肥 Humic acid × Potassium	0.01	2.41	0.49	0.37

*差异显著; **差异极显著。*Significant difference at $p < 0.05$; **significant difference at $p < 0.01$

表3 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶化学成分的影响

Table 3 Effect of the interaction between potassium and humic-acid on chemical composition of flue-cured tobacco leaves

处理 Treatment	烟碱 Nicotine (%)	总糖 Total sugar (%)	还原糖 Reducing sugar (%)	总氮 Total nitrogen (%)	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine	氮碱比 Ratio of total nitrogen to nicotine
T1	2.44 ± 0.11ab	19.09 ± 0.28b	17.43 ± 0.35b	1.85 ± 0.02b	7.86 ± 0.44b	0.76 ± 0.04b
T2	2.09 ± 0.11b	21.73 ± 0.48a	20.56 ± 0.24a	2.03 ± 0.16ab	10.45 ± 0.58a	0.97 ± 0.03a
T3	2.65 ± 0.21a	20.24 ± 0.28b	19.16 ± 0.72a	2.33 ± 0.15a	7.74 ± 0.58b	0.89 ± 0.06ab
T4	2.27 ± 0.08ab	22.72 ± 0.54a	20.03 ± 0.49a	1.94 ± 0.03b	10.01 ± 0.41a	0.85 ± 0.02ab
施钾处理极差 Range of potassium treatments	-0.36	2.56	2.00	-0.10	2.43	0.09
施腐殖酸处理极差 Range of humic acid treatments	0.20	1.07	0.60	0.20	-0.28	0.01

注: 小写字母表示 $p < 0.05$ 水平; 同一列中不同字母代表差异显著 Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $p < 0.05$

表4 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶烟碱、总糖、还原糖、总氮、糖碱比和氮碱比影响的F测验

来源 Source	烟碱 Nicotine (%)	总糖 Total sugar (%)	还原糖 Reducing sugar (%)	总氮 Total nitrogen (%)	糖碱比 Ratio of total sugar to nicotine	氮碱比 Ratio of total nitrogen to nicotine
腐殖酸 Humic acid	2.08	6.74*	1.56	3.09	0.31	0.03
钾肥 Potassium	7.14*	38.18**	17.16**	0.85	22.78**	5.06
腐殖酸×钾肥 Humic acid×Potassium	0.01	0.04	5.44*	6.42*	0.10	9.71*

*差异显著; **差异极显著。*Significant difference at $p<0.05$; **significant difference at $p<0.01$

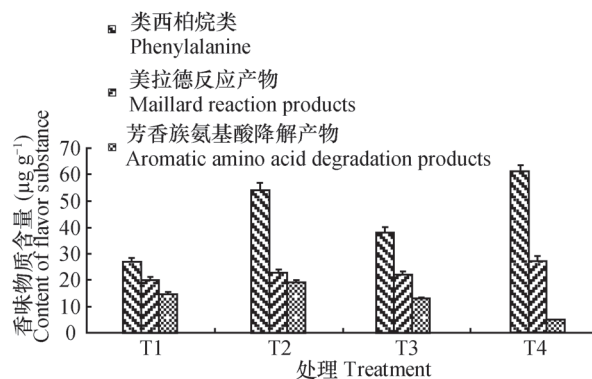


图1 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶类西柏烷类、美拉德反应产物、芳香族氨基酸降解产物含量的影响

Fig.1 Effect of interaction between potassium and humic-acid on phenylalanine, maillard reaction product, aromatic amino acid degradation product

2.4 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶矿质元素及有机钾盐指数的影响

由表5可知,襄阳烟区烟叶硫含量较高, K_2 相对于 K_1 有利于提高烤后烟叶中钾、氯、硫含量,从而提高烤后烟叶的钾氯比和有机钾盐指数。同时, H_2 相对于 H_1 也能够提高烤后烟叶中钾、氯含量,使得烤后烟叶的钾氯比和有机钾盐指数也有提高。多重比较表明,除硫含量外,其他指标T4的表现最好,并且在钾含量、钾氯比及有机钾盐指数等指标存在显著性差异。极差分析表明,腐殖酸对烤后烟叶钾、氯含量、钾氯比及有机钾盐指数的提高优于钾肥,但对烤后烟叶中硫含量却起到了降低作用。方差分析表明,腐殖酸对烤后烟叶中钾含量有极显著 ($p<0.01$) 的正效应,对钾氯比及有机钾盐指数也均有显著 ($p<0.05$) 的正效应,但对硫含量有显著 ($p<0.05$) 的负效应;钾肥对烤后烟叶中钾含量有极显著的正效应 ($p<0.01$),二者的交互作用对钾含

量、有机钾盐指数有显著 ($p<0.05$) 的正效应,但对其他指标的影响不显著 ($p>0.05$) (表6)。

3 讨论

腐殖酸类物质可增加植物次生根条数和长度,提高根系活力,使植物对水分和养料的吸收加强,促进植株生长健壮和形成优良产质量^[28],施用腐殖酸使各种植物的叶绿素含量均有明显的提高^[29],从而提高植物的光合作用的强度,促进植物生长发育。李广才等^[30]研究表明施用腐殖酸能够增加根系体积及根系鲜重。同时,腐殖酸能有效刺激根系的生理活性,增强根系的活力,并能有效促进烤烟根系生长,根干重、体积和长度均有提高^[31]。腐殖酸对烟草的呼吸作用有较明显地促进作用,特别是对烤烟根系和叶片内呼吸酶的作用,由此促进根系对营养物质的吸收,促进植物生长发

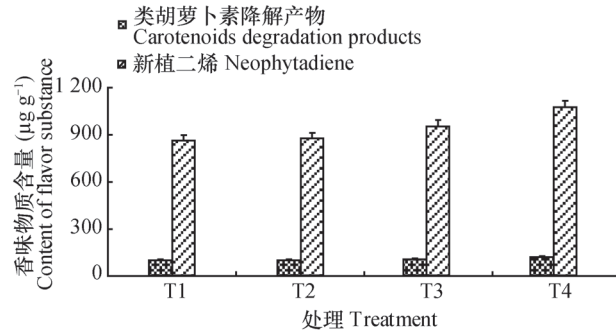


图2 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶类胡萝卜素降解产物、新植二烯含量的影响

Fig.2 Effect of interaction between potassium and humic-acid on carotenoids degraation product, neophytadiene

表5 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶矿质元素及有机钾盐指数的影响

Table 5 Effect of interaction between potassium and humic-acid on mineral element and organic potassium salt index of flue-cured tobacco leaves

处理 Treatment	钾 Potassium (%)	氯 Chlorine (%)	硫 Sulphur (%)	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	有机钾盐指数 Organic potassium salt index
T1	0.96 ± 0.04c	0.52 ± 0.04a	1.28 ± 0.05a	1.88 ± 0.12b	-0.76 ± 0.03c
T2	1.24 ± 0.05b	0.60 ± 0.08a	1.52 ± 0.15a	2.17 ± 0.55b	-0.78 ± 0.28c
T3	1.39 ± 0.10b	0.60 ± 0.03a	1.02 ± 0.11a	2.30 ± 0.30ab	-0.12 ± 0.01b
T4	1.94 ± 0.22a	0.64 ± 0.03a	1.02 ± 0.23a	3.06 ± 0.61a	0.49 ± 0.60a
施钾处理极差 Range of potassium treatments	0.41	0.06	0.13	0.52	0.30
施腐殖酸处理极差 Range of humic acid treatments	0.56	0.07	-0.38	0.65	0.95

注：小写字母表示 $p < 0.05$ 水平；同一列中不同字母代表差异显著 Note: Different lowercase letters in the same column mean significant difference at $p < 0.05$

表6 钾肥和腐殖酸互作对烤后烟叶矿质元素及有机钾盐指数影响的F测验

Table 6 F-test of the effect of interaction between potassium and humic-acid on mineral element and organic potassium salt index of flue-cured tobacco leaf

来源 Source	钾 Potassium (%)	氯 Chlorine (%)	硫 Sulphur (%)	钾氯比 Ratio of potassium to chlorine	有机钾盐指数 Organic potassium salt index
腐殖酸 Humic acid	52.89**	1.76	6.51*	6.57*	33.57*
钾肥 Potassium	28.47**	1.42	0.70	4.25	3.29
腐殖酸 × 钾肥 Humic acid × Potassium	5.27*	0.16	0.66	0.83	5.70*

*差异显著；**差异极显著。*Significant difference at $p < 0.05$ ；**significant difference at $p < 0.01$

育^[31]。钾可以促进烟草的光合、同化产物的合成与运输,提高烟株的呼吸效率,减少体内物质和能量消耗,提高烟草的根系活力与养分吸收、运输效率^[32]。钟晓兰等^[33]研究表明,在保证烤烟前期营养的同时,合理增加钾肥用量能够较好地调控烤烟生殖生长期干物质积累和钾素吸收状况。说明烤烟适宜的钾肥和腐殖酸用量,能够提高烤烟的生长活性,促进烟株生长。初步试验结果表明,提高钾肥和腐殖酸用量,烤烟根、叶和总干重会有提高,所有处理表现最好的为T4处理,印证了以往研究,但腐殖酸与钾肥交互作用对烤烟干物质质量的影响不明显。

烟叶内在化学成分的协调性是衡量烟叶质量的重要因素,国际型优质中部烟叶的内在指标中就有烟碱1.5%~3.5%,总糖20%~24%,还原糖16%~22%,总氮1.5%~3.0%^[34]。有研究表明施腐殖酸使烟叶化学成分更加协调,提高烟叶质量^[30-31],这可能与腐殖酸能提高烤烟NR, CAT的活性,从而提高烟株的N代谢水平有关^[31]。钾对烟叶的内在品质有着良好的促进作用,有研究表明,增施钾肥能够增加烟叶中水溶性总糖和还原糖的含量,钾含量稍有增加,烟碱稍有降低^[35]。本试验结果初步显示,钾肥与腐殖酸互作的各处理烤后烟叶化学成分均在优质烟叶化学成分适宜范围内,腐殖酸对烤后烟叶中烟碱、总糖、还原糖及总氮含量均有增加,钾肥对烤后烟叶中总糖和还原糖含量有增加,且含量均在适宜范围内,这与前人的研究结果一致,钾肥与腐殖酸互作对烤烟还原糖含量有显著的正效应。各处理表现最好的为T4,说明较高水平的腐殖酸和较高水平的钾肥互作有利于改善烟叶内在品质。

烟叶香气是评价烟叶质量的核心内容^[17],有研究表明,施用腐殖酸可以显著提高烤烟的中性香味物质含量及上等烟比例^[17-19]。同时,也有研究表明,随钾肥施用量的升高,烤后烟叶中的中性致香物质总含量均随之有不同程度的增加^[36]。本试验初步研究结果表明,除芳香族氨基酸降解产物外,腐殖酸和钾肥对其他类香味物质含量均有增加,并且腐殖酸的作用效果优于钾肥。对比处理间香味物质总量,T4的香味物质总量最高,T1的含量最少,可见不同用量的腐殖酸和钾肥互作对香味物质含量影响很大,在适宜范围内,以较高水平用量的腐殖酸和钾肥互作香味物质含量较高。

在影响烟叶燃烧性的矿质元素中,以钾、氯的影响最重要,并且通过钾氯比来表示烟叶的燃烧性^[26]。国外研究表明,在同等含量的情况下,硫对烟叶燃烧性的不良影响远超过氯^[37],国内研究显示,烟叶中较高的硫含量对烟草的燃烧性不利^[38]。有机钾盐指数的计算采用总钾减去与氯离子和硫酸根离子结合的钾,其值能综合的表现矿质元素对燃烧性的影响,一般情况下,有机钾盐指数为2%~3%时,烟叶燃烧速率较快^[26]。腐殖酸可以增强土壤肥力,提高土壤生物学活性以及矿质元素的有效性,有利于对钾的吸收^[39-40]。同时,烟草在同等供钾浓度下,不同性质的相伴阴离子和其浓度的变化对K⁺的吸收和效应产生影响^[41]。本试验初步结果表明,襄阳烟区烤后烟叶中硫含量较高,导致烟叶的有机钾盐指数较低,采用较高水平的腐殖酸和钾肥互作能够改善这一点。

4 结 论

在同一钾肥水平下增施腐殖酸及在同一腐殖酸水平下增施钾肥均可提高烟株的光合生产能力及干物质积累量,有利于碳氮代谢及转化,提高化学成分协调性,增加烟叶香味物质,改善对矿质元素的吸收能力,从而提高烤后烟叶的有机钾盐指数及燃烧性。但如从试验的实际效果和经济成本考虑,在同一钾肥水平下适当增施腐殖酸是比较可行的有效措施。

参 考 文 献

- [1] 左天觉.烟草的生产、生理和生物化学.上海:上海远东出版社,1993:48—62. Zuo T J. The production physiology and biochemistry of tobacco (In Chinese). Shanghai: Shanghai Far East Press, 1993: 48—62
- [2] 景延秋,张欣华,杨玉熙,等.采用正交试验优化烤烟栽培技术.湖南农业科学,2010(5):32—34. Jing Y Q, Zhang X H, Yang Y X, et al. Cultivation techniques of tobacco optimized by orthogonal experiment (In Chinese). Hunan Agricultural Sciences, 2010(5): 32—34
- [3] 陈伟,王三根,唐远驹,等.不同烟区烤烟化学成分的主导气候影响因子分析.植物营养与肥料学报,2008,14(1):144—150. Chen W, Wang S G, Tang Y J, et al. Analysis of the dominant climatic factors influencing the chemical compositions of flue-

- cured tobacco in different tobacco-growing areas (In Chinese). *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2008, 14 (1): 144—150
- [4] 刘星, 邱慧珍, 张文明, 等. 微生物有机肥对陇东烤烟中性致香物质含量的影响及其机理初探. *草业学报*, 2011, 20 (5): 79—86. Liu X, Qiu H Z, Zhang W M, et al. Effects of bio-organic fertilizer on neutral aroma component content in flue-cured tobacco in east of Gansu province and its mechanisms (In Chinese). *Acta Pratacul Sinica*, 2011, 20 (5): 79—86
- [5] 胡国松, 郑伟, 王震, 等. 烤烟营养原理. 北京: 科学出版社, 2000: 98—123. Hu G S, Zheng W, Wang Z, et al. The nutrition theory of flue-cured tobacco (In Chinese). Beijing: Science Press, 2000: 98—123
- [6] 慕成功. 钾素营养及施肥技术. 北京: 中国农业科技出版社, 1995: 136—148. Mu C G. Potassium nutrition and fertilization technology (In Chinese). Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 1995: 136—148
- [7] 李荣兴, 李淑君, 闫克玉, 等. 施钾量对烤烟产质、主要化学成分和焦油量的影响. *烟草科技*, 2001 (8): 40—42. Li R X, Li S J, Yan K Y, et al. Influence of potassium on production and quality, the main chemical composition and tar yield in flue-cured tobacco (In Chinese). *Journal of Science and Technology of Tobacco*, 2001 (8): 40—42
- [8] 解燕, 王文楷, 赵杰, 等. 烟草钾素营养与钾肥研究. *中国农学通报*, 2006, 22 (8): 302—307. Xie Y, Wang W K, Zhao J, et al. Potassium nutrition of tobacco and potash fertilizer research (In Chinese). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22 (8): 302—307
- [9] Tso T C. Production, physiology and biochemistry of tobacco plant. Beltsville, USA: Ideals, 1990: 294—297
- [10] 于建军, 李国栋. 烤烟矿质元素含量、静燃速率与烟气成分的相关分析. *河南农业大学学报*, 2000, 34 (4): 355—357. Yu J J, Li G D. The analysis of correlation between flue-cured tobacco static burning rate and mineral element and on smoke components (In Chinese). *Journal of Henan Agricultural University*, 2000, 34 (4): 355—357
- [11] 汪波, 屠兢, 俞寿明, 等. 钾盐在烟草燃烧过程中的作用. *中国科学技术大学学报*, 2002, 32 (4): 433—439. Wang B, Tu J, Yu S M, et al. The role of potassium salt in the burning of tobacco (In Chinese). *Journal of University of Science and Technology of China*, 2002, 32 (4): 433—439
- [12] 李静, 王勇, 张锡洲, 等. 施钾量对烤烟钾积累与分配的影响. *中国烟草科学*, 2013, 34 (6): 69—76. Li J, Wang Y, Zhang X Z, et al. Influence of K accumulation and distribution of flue-cured tobacco under various K rates (In Chinese). *Chinese Tobacco Science*, 2013, 34 (6): 69—76
- [13] 叶协峰, 张晓远, 崔树毅, 等. 钾肥施用量对烟叶及土壤钾含量的影响. *河南农业大学学报*, 2006, 40 (5): 473—476. Ye X F, Zhang X Y, Cui S Y, et al. Effect of different potassium application rate on the potassium contents in tobacco leaves and soil (In Chinese). *Journal of Henan Agricultural University*, 2006, 40 (5): 473—476
- [14] 刘国顺, 叶协峰, 王英元, 等. 褐土区不同钾肥施用量对烟株钾含量的影响. *中国烟草学报*, 2005, 11 (1): 18—22. Liu G S, Ye X F, Wang Y Y, et al. Effect of different potassium application rate on the potassium contents of flue-cured tobacco in Cinnamon soil area (In Chinese). *Acta Tabacaria Sinica*, 2005, 11 (1): 18—22
- [15] 张喜峰, 张立新, 高梅, 等. 不同氮肥形态和腐殖酸对陕西典型生态区烤烟化学成分和产质量的影响. *草业学报*, 2013, 22 (6): 60—67. Zhang X F, Zhang L X, Gao M, et al. Effects of different nitrogen fertilizer types and humic acid (HA) on chemical composition, yield and quality of flue-cured tobacco traits in typical ecological zones of Shaanxi Province (In Chinese). *Acta Prataculturae Sinica*, 2013, 22 (6): 60—67
- [16] 王日鑫, 秦慧娟. 腐殖酸的增氮解磷促钾作用. *腐殖酸*, 2008 (4): 27—32. Wang R X, Qin H J. Function of humic acid to control the release of nitrogen and potassium and to activate phosphorus (In Chinese). *Humic Acid*, 2008 (4): 27—32
- [17] 刘世亮, 杜君, 华党领, 等. 不同有机酸对烤烟品质和产值的影响. *作物学报*, 2008, 34 (5): 851—858. Liu S L, Du J, Hua D L, et al. Effects of different organic acids on quality and yield in tobacco (In Chinese). *Acta Agonomica Sinica*, 2008, 34 (5): 851—858
- [18] 王叔会, 张红艳. 不同腐殖酸用量对烤烟生长及产质的影响. *中国农学通报*, 2007, 23 (1): 288—291. Wang S H, Zhang H Y. Effects of humic acid on tobacco growth and yield and quality (In Chinese). *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2007, 23 (1): 288—291
- [19] 郑宪滨, 刘国顺, 邢国强, 等. 腐殖酸对烤烟化学成分和经济性状的影响. *河南农业科学*, 2007 (12): 43—45. Zhang X B, Liu G S, Xing G Q, et al. Effects of humic Acid on chemical constituents and economic characteristics of flue-cured tobacco (In Chinese).

- Journal of Henan Agricultural Sciences, 2007 (12): 43—45
- [20] 叶协峰, 凌爱芬, 张斌, 等. 腐殖酸对烤烟土壤形状及烟叶品质的影响. 华北农学报, 2009, 24 (5): 170—173. Ye X F, Ling A F, Zhang B, et al. Effect of humic acid fertilizer on soil properties and leaf qualities tobacco (In Chinese). Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2009, 24 (5): 170—173
- [21] 黄元炯, 张毅, 张翔, 等. 腐殖酸和饼肥对土壤微生物和烤烟产质量的影响. 中国烟草学报, 2008, 14 (Z1): 25—28. Huang Y T, Zhang Y, Zhang X, et al. Effects of humic acid and cake fertilizer on soil microbe and flue-cured tobacco yield and quality (In Chinese). Acta Tabacaria Sinica, 2008, 14 (Z1): 25—28
- [22] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 442—449. Lu R K. Analytical methods for soil and agricultural chemistry (In Chinese). Beijing: Chinese Agricultural Science and Technology Press, 1999: 442—449
- [23] 肖协忠. 烟草化学. 北京: 中国农业出版社, 1997: 259—289. Xiao X Z. Tobacco chemistry (In Chinese). Beijing: China Agricultural Press, 1997: 259—289
- [24] 王瑞新. 烟草化学. 北京: 中国农业出版社, 2003: 244—278. Wang R X. Tobacco chemistry (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 2003: 244—278
- [25] 苏利霞, 杨华武, 杜文, 等. 烟草中硫酸根离子测定方法的改进. 烟草科技, 2004 (11): 26—29. Su L X, Yang H W, Du W, et al. An improved method for determining sulfate anion in tobacco (In Chinese). Journal of Science and Technology of Tobacco, 2004 (11): 26—29
- [26] 吴彦辉, 薛立新, 许自成, 等. 断根结合生长素和钾肥施用对烤烟生长及糖碱比、有机钾指数的影响. 生态学报, 2013, 33 (18): 5686—5694. Wu Y H, Xue L X, Xu Z C, et al. Combined effects of root cutting, auxin application and potassium fertilizer on growth, sugar: nicotine ratio, and organic potassium index of flue-cured tobacco (In Chinese). Acta Ecologica Sinica, 2013, 33 (18): 5686—5694
- [27] 李炎强, 郝建辉, 赵明月, 等. 烤烟烟梗和叶片中性香味成分的分析. 烟草科技, 2002 (11): 3—11. Li Y Q, Hao J H, Zhao M Y, et al. Analysis of neutral flavor components in stem and lamina of flue-cured tobacco (In Chinese). Journal of Science and Technology of Tobacco, 2002 (11): 3—11
- [28] 王奇书. 腐殖酸类物质及对植物的生理作用. 腐殖酸, 2007 (7): 43—45. Wang Q S. Effects of humic acid on physiological function in plants (In Chinese). Humic Acid, 2007 (7): 43—45
- [29] 张辉. 不同来源腐殖酸促进植物生长活性及作用机理研究. 腐殖酸, 2000 (2): 16—19. Zhang H. Humic acid to promote plant growth activity and mechanism of action research (In Chinese). Humic Acid, 2000 (2): 16—19
- [30] 李广才, 李福欣, 王留河, 等. 饼肥、腐殖酸对植烟土壤养分及烤烟生长的影响. 烟草科技, 1999 (3): 39—40. Li G C, Li F X, Wang L H, et al. The effects of humic acid and cake on soil nutrition and growth of flue-cured tobacco (In Chinese). Journal of Science and Technology of Tobacco, 1999 (3): 39—40
- [31] 靳志丽, 刘国顺, 梁文旭. 腐殖酸对烤烟根系生长和生理活性的影响. 烟草科技, 2002 (7): 36—38. Jin Z L, Liu G S, Liang W X. Effects of humic acid on root growth and physiological activity of flue-cured tobacco (In Chinese). Journal of Science and Technology of Tobacco, 2002 (7): 36—38
- [32] 介晓磊, 化党领, 谭金芳, 等. 中国烟草钾营养研究现状分析. 土壤肥料科学, 2005, 21 (10): 212—217. Jie X L, Hua D L, Tan J F, et al. The review of potassium nutrition in tobacco in china (In Chinese). Soil Fertilizer Science, 2005, 21 (10): 212—217
- [33] 钟晓兰, 张德远, 周生路, 等. 钾肥用量及基追肥比例对烤烟干物质累积和钾素吸收动态的影响. 应用生态学报, 2006, 17 (2): 251—255. Zhong X L, Zhang D Y, Zhou S L, et al. Effects of potassium application rate and its supplemental proportion on dry matter accumulation and potassium absorption of flue-cured tobacco (In Chinese). Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17 (2): 251—255
- [34] 张延春, 陈治锋, 龙怀玉, 等. 不同氮素形态及比例对烤烟长势、产量及部分品质因素的影响. 植物营养与肥料学报, 2005, 11 (6): 787—792. Zhang Y C, Chen Z F, Long H Y, et al. Different nitrogen forms and their ratio on agronomical character, economic and quality of flue-cured tobacco (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2005, 11 (6): 787—792
- [35] 王珂, 范洁红. 腐殖酸促进小麦生长的生理机制研究. 腐殖酸, 1998 (3): 32—34. Wang K, Fan J H. The physiological mechanism research of Humic acid to promote the growth of the wheat (In Chinese). Humic acid, 1998 (3): 32—34
- [36] 刘会杰, 赵铭钦, 闻刚, 等. 种植密度和施钾量对烤烟品质的影响. 西南农业学报, 2013, 26 (2): 653—658. Liu H J, Zhao M Q, Wen G, et al. Effects of planting density and K application level on quality

- of flue-cured tobacco (In Chinese). Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2013, 26 (2): 653—658
- [37] Smith W D. Tobacco response to sulfur on soils differing in depth to the argillic horizon. Tobacco Science, 1987, 31: 36—39
- [38] 曹志洪, 胡国松, 周秀如, 等. 土壤供钾特征和烤烟的钾肥有效施用. 烟草科技, 2001 (8): 28—30. Cao Z H, Hu G S, Zhou X R, et al. Soil characteristics for potassium and the potash application effectively of flue-cured tobacco (In Chinese). Journal of Science and Technology of Tobacco, 2001 (8): 28—30
- [39] 刘茜, 马飞跃, 于建军, 等. 腐殖酸对植烟土壤和烟草影响的研究进展. 中国农学通报, 2010, 26 (4): 132—136. Liu Q, Ma F Y, Yu J J, et al. The research
- advance of the effect of humic acid to the soil and tobacco (In Chinese). Chinese Agricultural Science Bulletin, 2010, 26 (4): 132—136
- [40] 靳志丽, 刘国顺, 聂新柏. 腐殖酸对土壤环境和烤烟矿物质吸收影响的研究. 中国烟草科学, 2002, 23 (3): 15—18. Jin Z L, Liu G S, Nie X B. The study on effect of humic acid on soil environment and absorbing ability to mineral material of flue-cured tobacco (In Chinese). Chinese Tobacco Science, 2002, 23 (3): 15—18
- [41] 周冀衡. K^+ 与相伴阴离子 (SO_4^{2-} , Cl^-) 对烟草生长和有关生理代谢的影响. 中国烟草学报, 1994, 2 (2): 46—53. Zhou J H. Effects of K^+ and accompanying anions (SO_4^{2-} , Cl^-) on the growth and physiological metabolism of tobacco (In Chinese). Acta Tabacaria Sinica, 1994, 2 (2): 46—53

EFFECTS OF INTERACTION BETWEEN POTASSIUM AND HUMIC ACID ON INDEX OF ORGANIC POTASSIUM SALT IN FLUE-CURED TOBACCO

Zheng Dongfang¹ Xu Jiayang^{2, 1} Xu Zicheng^{1†} Guo Li³ Cao Lijun³ Meng Liming¹ Huang Wuxing¹ Peng Gongyin³ Gao Chuanqi³

(1 College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

(2 College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

(3 Hubei provincial Xiangyang City Tobacco Corporation, Xiangyang, Hubei 441003, China)

Abstract A field experiment was carried out in Hubei on effects of potassium and humic acid and their interaction on dry biomass, chemical composition, flavoring substances and organic potassium salt index in flue-cured tobacco, Jinshennong # 1. The experiment was designed to have only two factors, potassium and humic acid, two levels each. Result show that amendment of humic acid to fields the same in potassium level or application of potassium fertilizer to fields the same in humic acid level increased dry biomass of the plants at the early flu-curing stage and the total flavoring substances in, improved chemical composition of the cured leaves and raised organic potassium salt index of the flue-cured tobacco leaves; and interaction between potassium fertilizer and humic acid had some significantly positive effects on contents of reducing sugar, total nitrogen and potassium, nitrogen/nicotine ratio and organic potassium salt index, and its effects on dry biomass and the other chemical properties of flue-cured tobacco were far from the significant level. The application of a high rate of potassium plus humic acid was more conducive to improving the quality of flue-cured tobacco leaves and increasing potassium content and organic potassium salt index of the leaves than application of a low rate of potassium fertilizer plus a low rate of humic acid.

Key words Flue-cured tobacco; Potassium; Humic acid; Quality; Organic potassium salt index

(责任编辑: 汪叔生)

CONTENTS

Reviews and Comments

- Application of reductive soil disinfection to suppress soil-borne pathogens Cai Zucong, Zhang Jinbo, Huang Xinqi, et al. (475)
 A review of researches on soil cracks and their impacts on preferential flow...Zhang Zhongbin, Peng Xinhua (488)

Research Articles

- Characteristics of soil aggregate loss in croplands in the typical black soil region of Northeast China Wen Leilei, Zheng Fenli, Shen Haiou, et al. (498)
 Construction of an index set for predicting thickness of active layer of permafrost in Qinghai-Tibet Plateau and for mapping Chen Jike, Zhao Yuguo, Zhao Lin, et al. (506)
 Variation of mineral composition along the soil chronosequence at the Hailuoguo Glacier foreland of Gongga Mountain Yang Zijiang, Bing Haijian, Zhou Jun, et al. (515)
 Composition of organic carbon in paddy soil in typical area of Chengdu and its influencing factors Liao Dan, Yu Dongsheng, ZhaoYongcun, et al. (526)
 Spatio-temporal variation of soil temperature and soil moisture regime in Hebei Province Cao Xianghui, Lei Qiuliang, Long Huaiyu, et al. (536)
 Vertical distribution of soil saturated hydraulic conductivity in a small karst catchment Fu Tonggang, Chen Hongsong, Wang Kelin (546)
 Transformation between soil water and shallow groundwater in the middle reaches of the Dagu River Yang Yuzheng, Lin Qing, Wang Songlu, et al. (556)
 Determination of nitrogen and oxygen isotope ratio of nitrate in water with a chemical conversion method Wang Xi, Cao Yacheng, Han Yong, et al. (565)
 Quantitative research on effects of nitrogen application rate on distribution of photosynthetic carbon in rice-soil system using ¹³C pulse labeling technique Liu Ping, Jiang Chunyu, Li Zhongpei (574)
 Effects of no-tillage ridge-cultivation on soil organic carbon accumulation in ridges and crop yields in paddy fields Ci En, Wang Liange, Ding Changhuan, et al. (585)
 Residual of applied ¹⁵N fertilizer in soils under long-term different patterns of fertilization and its utilization Zhao Wei, Liang Bin, Zhou Jianbin (595)
 Effect of long-term fertilization on rice yield and basic soil productivity in red paddy soil under double-rice system Lu Yanhong, Liao Yulin, Zhou Xing, et al. (605)
 Effects of long-term fertilization on yield variation trend, yield stability and sustainability in the double cropping rice system Ji Jianhua, Hou Hongqian, Liu Yiren, et al. (618)
 Relationship between exudation of nitrification inhibitor MHPP and plasma membrane proton pump of sorghum root Zhou Jinquan, Zhang Mingchao, Wei Zhijun, et al. (527)
 Effects of long-term amendment with passivant and zinc fertilizer on cadmium reduction in tobacco growing in a Cd contaminated field Cao Chenliang, Wang Wei, Ma Yibing, et al. (635)
 Effects of interaction between potassium and humic acid on index of organic potassium salt in flue-cured tobacco Zheng Dongfang, Xu Jiayang, Xu Zicheng, et al. (645)
 Impacts of replacement of *Pinus* with *Eucalyptus* on soil nutrients and enzyme activities Zhang Kai, Zheng Hua, Chen Falin, et al. (653)
 Effects of biological soil crusts on soil enzyme activities in desert areas Yang Hangyu, Liu Yanmei, Wang Tingpu (663)
 Effect of incorporation of crop straw on composition of soil organic matter and enzyme activity in black soil relative to depth and rate of the incorporation Jiao Lina, Li Zhihong, Yin Chengcheng, et al. (671)
 Effect of *Streptomyces* JD211 promoting growth of rice seedlings and diversity of soil bacteria Wang Shiqiang, Wei Saijin, Yang Taotao, et al. (681)

Research Notes

- Quality assessment of oasis soil in the upper reaches of Tarim River based on minimum data set Gong Lu, Zhang Xueni, Ran Qiyang (689)
 Effect of iron plaque on surface electrochemical properties and short-term N, P and K uptake by rice rootsZheng Yunyun, Li Zhongyi, Li Jiuyu, et al. (695)
 The changes of microbial community structure in red paddy soil under long-term fertilization Xia Xin, Shi Kun, Huang Qianru, et al. (705)
 Salinization characteristics of afforested coastal saline soil as affected by species of trees used in afforestation Wang Heyun, Li Hongli, Dong Zhi, et al. (712)

Cover Picture: Two dimensional and three dimensional images of soil cracks in paddy field (by Zhang Zhongbin)

《土壤学报》编辑委员会

主 编: 史学正

执行编委: (按姓氏笔画为序)

丁维新	巨晓棠	王敬国	王朝辉	史 舟	宇万太	朱永官
李永涛	李芳柏	李保国	李 航	吴金水	沈其荣	张玉龙
张甘霖	张福锁	陈德明	邵明安	杨劲松	杨明义	杨林章
林先贵	依艳丽	周东美	周健民	金继运	逢焕成	胡 锋
施卫明	骆永明	赵小敏	贾仲君	徐国华	徐明岗	徐建明
崔中利	常志州	黄巧云	章明奎	蒋 新	彭新华	雷 梅
窦 森	廖宗文	蔡祖聪	蔡崇法	潘根兴	魏朝富	

编辑部主任: 陈德明

责任编辑: 汪枳生 卢 萍 檀满枝

土 壤 学 报

Turang Xuebao

(双月刊, 1948年创刊)

第 52 卷 第 3 期 2015 年 5 月

ACTA PEDOLOGICA SINICA

(Bimonthly, Started in 1948)

Vol. 52 No. 3 May, 2015

编 辑 《土壤学报》编辑委员会
地址: 南京市北京东路 71 号 邮政编码: 210008
电话: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

Edited by Editorial Board of Acta Pedologica Sinica
Add: 71 East Beijing Road, Nanjing 210008, China
Tel: 025 - 86881237
E-mail: actapedo@issas.ac.cn

主 编 史 学 正
主 管 中 国 科 学 院
主 办 中 国 土 壤 学 会
承 办 中国科学院南京土壤研究所

Editor-in-Chief Shi Xuezheng
Superintended by Chinese Academy of Sciences
Sponsored by Soil Science Society of China
Undertaken by Institute of Soil Science,
Chinese Academy of Sciences

出 版 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717

Published by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

印刷装订 北京中科印刷有限公司
总发行 科 学 出 版 社
地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717
电话: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

Printed by Beijing Zhongke Printing Limited Company
Distributed by Science Press
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China
Tel: 010 - 64017032
E-mail: journal@mail.sciencep.com

国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044

Foreign China International Book Trading Corporation
Add: P. O. Box 399, Beijing 100044, China

国内统一刊号: CN 32-1119/P

国内邮发代号: 2-560

国外发行代号: BM45

定价: 60.00 元

国 内 外 公 开 发 行



ISSN 0564-3929

