

## 枸溶性钾肥的水稻肥效

张璐<sup>1</sup>, 文石林<sup>1\*</sup>, 蔡泽江<sup>1</sup>, 刘立生<sup>1</sup>, 管建新<sup>2</sup>, 段淑辉<sup>3</sup>, 代快<sup>4</sup>

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所/耕地培育技术国家工程实验室, 祁阳农田生态系统国家野外试验站, 湖南 祁阳 426182; 2. 湖南省祁东县农业局, 湖南 祁东 421600; 3. 浏阳市烟草专卖局, 湖南 浏阳 410300; 4. 玉溪市烟草专卖局, 云南 玉溪 651100)

**摘要:** 通过盆栽试验研究了5种钾肥 [粉碎性钾矿粉 (K1)、全部枸溶性钾肥 (K2)、含25%水溶性钾的枸溶性钾肥 (K3)、含50%水溶性钾的枸溶性钾肥 (K4) 和硫酸钾 (K5), 施钾量均为  $K_2O$  150 mg/kg] 及其施用量 (0.5K2、K2、1.5K2 和 2K2, 施钾量分别为  $K_2O$  75、150、225 和 300 mg/kg) 和配施 (0.5K2 + 0.5K5) 对水稻产量、钾素吸收量以及土壤速效钾含量的影响。研究表明, 与不施钾相比, 施钾肥处理 (除 K1 外) 均显著提高水稻产量、钾素吸收量以及土壤速效钾含量。在相同施钾量下, 随着肥料水溶性钾比例的增加, 水稻产量、钾素吸收量以及土壤速效钾含量表现为先上升后下降的趋势, 其中水稻产量、钾素吸收量以及土壤速效钾含量以 K4 (分别为 240.90 g/盆、2.60 g/盆、75.4 mg/kg) 和 K3 (分别为 234.86 g/盆、2.24 g/盆、73.9 mg/kg) 处理最高。与水溶性钾肥 (K5) 处理相比, K4 和 K3 处理均显著提高了水稻产量、钾素吸收量和土壤速效钾含量, 分别提高了 9.35% 和 6.61%、40.43% 和 21.26%、22.01% 和 19.58% ( $P < 0.05$ )。水稻产量、钾素吸收量及土壤速效钾含量随同一种枸溶性钾肥 (K2) 施用量的增加而增加, 以 2K2 最高。综合结果表明, 在相同施钾量下, 含 25% ~ 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥 (K4 和 K3) 对水稻的增产效果最佳, 而全部枸溶性钾肥在 2 倍施钾量下可获得相同增产效果。

**关键词:** 枸溶性钾肥; 水溶性钾肥; 水稻产量; 钾素吸收量; 土壤速效钾

**中图分类号:** S143.3; S511      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1673-6257 (2016) 05-0061-05

钾是作物生长必需的三大营养元素之一, 对提高作物产量和抗逆性以及改善作物品质等方面有着重要意义<sup>[1-3]</sup>。目前农业生产中普遍施用水溶性钾如氯化钾、硫酸钾, 但是我国水溶性钾素资源储量少, 每年施用的钾肥中 50% ~ 70% 需要进口<sup>[4-7]</sup>。在钾肥价格居高不下, 水溶性钾素资源短缺的形式下, 开发非水溶性钾矿资源, 成为解决我国水溶性钾盐不足的有效途径。我国非水溶性钾矿资源丰富、分布广泛、储量巨大, 保守估计其资源总量超过 200 亿 t<sup>[8-10]</sup>。近年来我国多家单位利用钾长石等非水溶性钾矿资源生产出硅钾肥、硅钙钾肥以及含钾复合肥等<sup>[11-17]</sup>, 并且在水稻<sup>[18-19]</sup>、小麦<sup>[20]</sup>、花

生<sup>[21]</sup>等作物上都取得了良好的应用效果。张洋洋等<sup>[22]</sup>通过以霞石正长岩为原料制造出的钾硅肥盆栽试验研究得出, 不同形态钾肥配比均能显著提高油菜生物量和钾素积累量, 且枸溶性钾硅肥处理效果好于水溶性钾肥处理。王伟等<sup>[23]</sup>研究得出, 稻麦产量、钾素积累量和土壤速效钾含量均随枸溶性钾肥施肥量的增加而增加, 枸溶性钾肥与水溶性钾肥配比为 1:1 时效果最佳。然而, 枸溶性钾肥在湖南地区红壤性水稻土上的当季施用效果鲜见报道。因此, 本研究通过种植水稻的盆栽试验来比较不同枸溶性钾肥和水溶性钾肥配比的水稻产量、钾素吸收量及土壤速效钾含量变化特征, 以期为难溶性钾矿资源的科学开发和合理施用提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 供试材料

供试土壤取自湖南省祁阳县官山坪村 (26°45' 31"N, 111°52' 10"E), 系丘岗地红壤性水稻土, 土壤基础理化性质为: pH 值 5.38, 速效钾 (K)

收稿日期: 2015-06-09; 最后修订日期: 2015-08-10

基金项目: 中央级公益性科研院所专项资金资助项目 (IARRP-2015-4); 公益性行业 (农业) 科研专项经费项目 (201503122)。

作者简介: 张璐 (1984-), 女, 河北石家庄人, 硕士, 助理研究员, 主要从事土壤碳氮转化与利用方面的研究, E-mail: zhanglu01@caas.cn。

通讯作者: 文石林, E-mail: wenshilin@caas.cn。

82.50 mg/kg, 缓效钾 (K) 231.50 mg/kg, 有效硅 (SiO<sub>2</sub>) 52.09 mg/kg, 全钾 (K) 20.08 g/kg, 有机质 29.22 g/kg, 碱解氮 109.86 mg/kg, 全氮 1.93 g/kg, 有效磷 (P) 21.60 mg/kg, 全磷 (P) 0.63 g/kg。供试作物为水稻, 品种为五丰优 9802。

供试氮肥为尿素 (N 46%), 磷肥为过磷酸钙 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 14%), 钾肥分别为粉碎性钾矿粉 (K<sub>2</sub>O 14%)、全部枸溶性钾肥 (K<sub>2</sub>O 27%)、含 25% 水溶性钾的枸溶性钾肥 (K<sub>2</sub>O 25%)、含 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥 (K<sub>2</sub>O 25%) 和硫酸钾 (K<sub>2</sub>O 54%), 供试枸溶性硅肥为不溶于水或部分溶于水但可全部溶于 2% 柠檬酸的新型钾硅肥, 其中有效硅 (SiO<sub>2</sub>) 含量为 20%<sup>[23-24]</sup>。粉碎性钾矿粉、全部枸溶性钾肥、含 25% 水溶性钾的枸溶性钾肥、含 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥均由山西某公司提供。

1.2 试验设计

本试验采用盆栽方式于中国农业科学院衡阳红壤实验站网室内进行。试验于 2012 年 4 月 24 日开始, 每桶称取相当于 10 kg 烘干土的风干土, 同天称肥, 所有处理均施用相同量氮肥和磷肥, 钾肥除不施钾处理外, 其它处理均按表 1 施钾肥种类和施钾量进行施用。氮肥用量 (N) 为 200 mg/kg, 磷肥用量 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 为 100 mg/kg, 氮、磷、钾肥全部基施。水稻于 2012 年 4 月 26 日插秧, 选择长势一致的秧苗, 每桶 4 兜, 每兜 2 株, 7 月 23 日收获。试验期间其它栽培管理措施按照当地常规方法进行。试验共设置 10 个处理, 每个处理 5 次重复。

表 1 试验处理与施钾量

处理	施钾肥种类	施钾量 (K <sub>2</sub> O, mg/kg)	水溶性钾含量 (%)	枸溶性钾含量 (%)
K1	粉碎性钾矿粉	150	—	—
0.5K2	全部枸溶性钾肥	75	0	100
K2	全部枸溶性钾肥	150	0	100
1.5K2	全部枸溶性钾肥	225	0	100
2K2	全部枸溶性钾肥	300	0	100
K3	含 25% 水溶性钾的枸溶性钾肥	150	25	75
K4	含 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥	150	50	50
0.5K2 + 0.5K5	全部枸溶性钾肥和硫酸钾	150	50	50
K5	硫酸钾	150	100	0
不施钾	—	0	0	0

1.3 测定项目与方法

水稻收割取地上部, 收获后将稻谷与稻草分开烘至恒重后称重计产。植株钾素含量采用 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 消煮, 土壤速效钾采用 1 mol/L 醋酸铵浸提, 用火焰光度计法测定。供试土壤基础理化性质均采用土壤理化分析常规方法<sup>[25]</sup>测定。

文中所有图和数据分析分别采用 Microsoft Excel 2003 和 SPSS 16.0 软件进行, 采用 Duncan 多重比较不同处理间的差异。

2 结果与分析

2.1 不同钾肥处理对水稻产量的影响

图 1 看出, 相同施钾条件下, 水稻地上部总产量表现为 K4 > K3 > K5 > 0.5K2 + 0.5K5 > K2 > K1, 除 K1 与不施钾处理无显著差异, 其它处理与不施钾相比均显著提高, 提高幅度为 43.92% ~ 64.35% (P < 0.05); 其中, K4 处理稻谷和稻草产量均为最高, 与不施钾相比分别显著提高 63.18% 和 65.99% (P < 0.05), K3 处理其次, 与不施钾相比分别显著提高 59.15% 和 61.74% (P < 0.05); K4、K3 处理与 K5 相比稻谷产量分别显著提高 13.66% 和 10.85% (P < 0.05), 稻草产量分别提高 3.89% 和 1.24%, 差异不显著; K1 与不施钾处理稻谷和稻草产量均无显著差异。施用同一种枸溶性钾肥 (K2), 水稻总产量随肥料施用量的增加而增加, 表现为 2K2 > 1.5K2 > K2 > 0.5K2, 其中稻谷和稻草产量均表现出相同的变化趋势。2K2 与 K4、K3 处理之间稻谷、稻草、水稻地上部总产量均无显著差异。

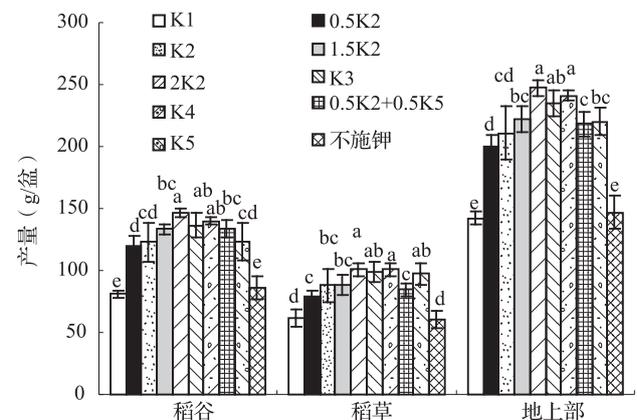


图 1 不同钾肥处理对水稻产量的影响

2.2 不同钾肥处理对水稻钾素吸收量的影响

图 2 显示, 相同施钾条件下, 水稻地上部钾素

吸收量与地上部总产量变化趋势一致, 表现为  $K4 > K3 > K5 > 0.5K2 + 0.5K5 > K2 > K1$ , 除  $K1$  与不施钾处理无显著差异外, 其它处理与不施钾相比均显著提高, 提高幅度为 186.43% ~ 381.12% ( $P < 0.05$ ); 其中,  $K4$  处理稻草吸钾量最高, 与不施钾相比显著提高 1 001.80% ( $P < 0.05$ ), 稻谷吸钾量与  $0.5K2 + 0.5K5$  相比显著降低 8.43% ( $P < 0.05$ ), 但稻草吸钾量比  $0.5K2 + 0.5K5$  显著提高 101.03% ( $P < 0.05$ );  $K3$  处理稻谷吸钾量与  $K4$  无显著差异, 稻草吸钾量比不施钾显著提高 805.89% ( $P < 0.05$ );  $K4$ 、 $K3$  处理与  $K5$  相比稻谷吸钾量分别显著提高 25.05% 和 25.47% ( $P < 0.05$ ), 稻草吸钾量分别显著提高 19.90% 和 45.83% ( $P < 0.05$ );  $0.5K2 + 0.5K5$  比  $K5$  处理稻谷吸钾量显著提高 37.02% ( $P < 0.05$ ), 但稻草吸钾量显著降低 27.46% ( $P < 0.05$ );  $K1$  与不施钾处理稻谷和稻草吸钾量均无显著差异。施用同一种枸溶性钾肥 ( $K2$ ), 水稻地上部钾素吸收量随肥料施用量的增加显著提高, 其中稻草钾素吸收量表现出相同的变化趋势, 即  $2K2 > 1.5K2 > K2 > 0.5K2$ 。  $2K2$  水稻地上部钾素吸收量显著高于  $K4$ 、 $K3$  处理, 其中稻草钾素吸收量显著高于  $K4$ 、 $K3$  处理, 稻谷钾素吸收量与  $K4$ 、 $K3$  处理无显著差异。

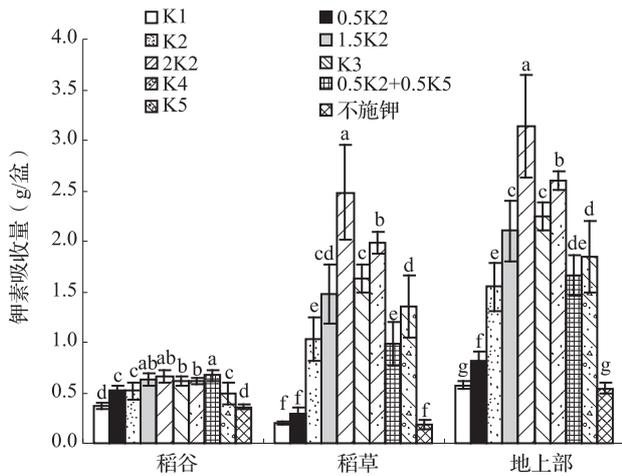


图2 不同钾肥处理对水稻钾素吸收量的影响

### 2.3 不同钾肥处理对土壤速效钾含量的影响

从图3可以看出, 施用钾肥可以显著提高土壤速效钾含量, 相同施钾水平下, 土壤速效钾含量表现为  $K4 > K3 > K2 > 0.5K2 + 0.5K5 > K5 > K1$ , 与不施钾相比提高幅度为 10.44% ~ 43.07% ( $P < 0.05$ ), 与  $K5$  相比,  $K4$ 、 $K3$ 、 $K2$  处理分别显著提高 22.01%、19.58%

和 12.62% ( $P < 0.05$ ),  $0.5K2 + 0.5K5$ 、 $K1$  与  $K5$  处理之间未表现出显著差异。施用同一种枸溶性钾肥 ( $K2$ ), 土壤速效钾含量随施用量的增加表现出显著增加的趋势, 即  $2K2 > 1.5K2 > K2 > 0.5K2$ , 其中,  $2K2$  在所有处理中土壤速效钾含量最高,  $1.5K2$  处理次之, 与不施钾相比分别显著提高 107.97% 和 67.74% ( $P < 0.05$ )。与基础土壤速效钾含量 82.5 mg/kg 相比, 除  $2K2$  和  $1.5K2$  处理分别提高 32.85% 和 7.15%, 其它处理均有所下降, 下降幅度为 8.61% ~ 36.12%。

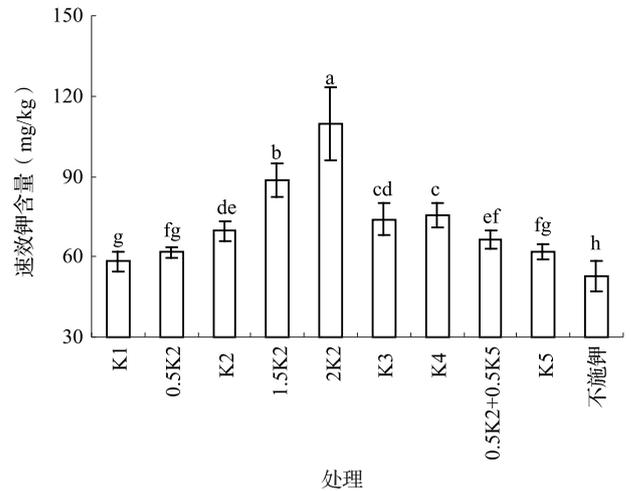


图3 不同钾肥处理对土壤速效钾含量的影响

### 3 讨论与结论

本研究结果表明, 与不施钾肥相比, 施用枸溶性钾肥和水溶性钾肥均能显著提高水稻产量、钾素吸收量及土壤速效钾含量, 施钾量相同情况下, 水稻产量、钾素吸收量和土壤速效钾含量随肥料水溶性钾比例的提高呈先上升后下降的趋势, 其中含 25% ~ 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥最高。与水溶性钾肥相比, 含 25% 和 50% 水溶性钾的枸溶性钾肥处理水稻总产量分别提高 6.61% 和 9.35%, 地上部钾素吸收量分别提高 21.26% 和 40.43%。这可能与枸溶性钾肥含有 20% 有效硅 ( $SiO_2$ ) 有关, 本研究所选的土壤有效硅含量为 52.09 mg/kg, 根据臧惠林等<sup>[26]</sup> 研究表明, 水稻土有效硅 ( $SiO_2$ ) 小于 80 mg/kg 为供硅低的土壤, 即本研究所选土壤为缺硅土壤。Wang 等<sup>[27]</sup> 研究也指出, 中国水稻土有效硅的临界值为 95 ~ 110 mg/kg, 低于该临界值施硅肥有效。可见, 伴随枸溶性钾肥施入到土壤中的有效硅可能促进了水稻的生长, 及其对土壤中钾素的吸收利用。张洋洋等<sup>[22, 28]</sup> 也通过盆栽试验证明

与水溶性钾肥相比, 枸溶性钾肥能显著提高油菜的生物量和钾素利用率。此外, 含部分水溶性钾的枸溶性钾肥既可快速地为作物生长提供养分, 又可根据作物后期的需要控制释放养分, 肥效持久<sup>[12,29]</sup>; 而硫酸钾作为水溶性钾肥是速效性肥料, 钾素以钾离子状态存在, 可被植物快速直接吸收利用<sup>[30]</sup>, 可能会影响作物后期对钾素的需求。王伟等<sup>[23]</sup>也通过盆栽试验发现, 与水溶性钾肥相比, 枸溶性钾肥对第二季的水稻效果更好。

施用同一种枸溶性钾肥 (K2) 的不同用量时, 水稻产量、钾素吸收量及土壤速效钾含量随施用量的增加而增加, 以2K2最高, 水稻总产量与K4和K3无显著差异, 地上部钾素吸收量和土壤速效钾含量比K4分别显著提高20.92%和45.36% ( $P < 0.05$ ), 比K3分别显著提高40.03%和48.31% ( $P < 0.05$ ); K2处理的水稻总产量、地上部钾素吸收量和土壤速效钾含量比K4分别显著降低12.43%、40.47%和7.69% ( $P < 0.05$ ), 比K3分别显著降低10.18%、31.05%和5.82% ( $P < 0.05$ ), 说明全部枸溶性钾肥只有在2倍常规施钾量条件下才可获得与K4或K3相同的增产效果。0.5K2 + 0.5K5与K4处理虽然都含有50%水溶性钾和50%枸溶性钾, 但是与K4相比, 0.5K2 + 0.5K5水稻总产量、地上部钾素吸收量和土壤速效钾含量分别显著降低9.48%、36.18%和11.80% ( $P < 0.05$ ), 说明全部枸溶性钾肥与水溶性钾肥2种肥料配施不如施用1种含50%水溶性钾的枸溶性钾肥水稻增产效果好。

施用粉碎性钾矿粉处理的水稻产量、钾素吸收量及土壤速效钾含量在所有施钾肥处理中处于最低, 与不施钾处理无显著差异。这是由于粉碎性钾矿粉是含钾的原生矿物, 钾主要存在于矿物的晶格内部或是受晶格的束缚, 属于结构态钾, 这部分钾素很难被作物吸收利用, 长时间作用也只能转化出少量速效钾<sup>[31]</sup>, 被作物吸收利用的钾素少, 这与孙浩燕等<sup>[24]</sup>在油菜和水稻上的试验结果相同。因此, 粉碎性钾矿粉水稻增产及培肥土壤效果差, 不宜直接用于农业生产。所以本研究认为, 在相同施钾量下, 含25%~50%水溶性钾的枸溶性钾肥对水稻的增产效果最佳, 而全部枸溶性钾肥在2倍施钾量下可获得相同增产效果。

#### 参考文献:

[1] Wang M, Zheng Q S, Shen Q R, et al. The critical role of po-

tassium in plant stress response [J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2013, 14: 7370-7390.

- [2] Ismail C. Potassium for better crop production and quality [J]. *Plant Soil*, 2010, 335: 1-2.
- [3] 李廷强, 王昌全. 植物钾素营养研究进展 [J]. *四川农业大学学报*, 2001, 19 (3): 281-285.
- [4] 史云庆. 中国钾肥供应现状分析 [J]. *中国贸易经济*, 2013, (2): 17-20.
- [5] 刘方斌. 钾肥: 稳健增长 供需平衡 [J]. *中国石油和化工*, 2012, (2): 32.
- [6] 孙爱文, 张卫峰, 杜芬, 等. 中国钾资源及钾肥发展战略 [J]. *现代化工*, 2009, 29 (9): 10-16.
- [7] 张智峰, 张卫峰. 我国化肥施用现状及趋势 [J]. *磷肥与复肥*, 2008, 23 (6): 9-12.
- [8] 曲均峰, 赵福军, 傅送保. 非水溶性钾研究现状与应用前景 [J]. *现代化工*, 2010, 30 (6): 16-19.
- [9] 宋新宇, 郎一环. 多途径解决我国钾盐资源紧缺的对策探讨 [J]. *地质与勘探*, 1998, 34 (6): 10-13.
- [10] 汤志凯. 四川绿豆岩提取钾肥及其综合利用新工艺试验研究 [J]. *四川地质学报*, 1996, 16 (1): 85-90.
- [11] 汪家铭. 富钾岩石制取矿物钾肥生产现状与前景展望 [J]. *磷肥与复肥*, 2011, 26 (5): 20-23.
- [12] 冯元琦. 利用不溶性含钾矿源力促我国钾肥自给 [J]. *化肥设计*, 2011, 49 (3): 59, 61.
- [13] 李吉进, 张青, 邹国元, 等. 硅钾矿物肥料在油菜上的盆栽应用效果 [J]. *蔬菜*, 2010, (3): 37-39.
- [14] 赵凤兰, 文春波, 侯怀恩, 等. 硅钾肥在番茄上的应用效果 [J]. *河南农业科学*, 2007, (8): 95-97.
- [15] 冯琛. 硅钙镁钾肥在陕西省农作物应用效果试验研究初报 [J]. *陕西农业科学*, 2005, (6): 14-15, 23.
- [16] 王万金, 白志民, 马鸿文. 利用不溶性钾矿提取的研究进展与展望 [J]. *地质科技情报*, 1996, 15 (3): 59-63.
- [17] 王元龙. 难溶性含钾岩矿制造钾肥的研究现状及前景分析 [J]. *地质地球化学*, 1996, (6): 14-17.
- [18] 刘淑云. 硅钾肥在水稻上的应用效果试验 [J]. *北方水稻*, 2009, 39 (1): 33-34.
- [19] 章彪雄, 黄庆海, 黄天宝, 等. 长效硅钾肥在红壤性早稻田上的施用效果 [J]. *江西农业学报*, 2008, 20 (5): 119-120.
- [20] 崔德杰, 高静, 宋宏伟. 施用硅钾肥对冬小麦抗旱性的影响 [J]. *土壤肥料*, 2000, (4): 27-29.
- [21] 张艳红, 段彩霞, 薛旗. 硅钙镁钾肥在花生上的施用效果研究 [J]. *现代农业科技*, 2011, (8): 278.
- [22] 张洋洋, 任涛, 鲁剑巍, 等. 不同形态钾肥配比对油菜生物量及钾肥利用率的影响 [J]. *中国土壤与肥料*, 2013, (3): 74-77.
- [23] 王伟, 孙帼妹, 李荣, 等. 枸溶性钾肥在盆栽稻麦轮作条件下的肥效研究 [J]. *南京农业大学学报*, 2014, 37 (6): 75-82.
- [24] 孙浩燕, 张洋洋, 任涛, 等. 枸溶性钾肥对作物生物量及作物-土壤系统钾素平衡的影响 [J]. *土壤*, 2014, 46

- (4): 669 - 673.
- [25] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [26] 臧惠林, 张效朴. 我国南方水稻土供硅能力的研究 [J]. 土壤学报, 1982, 19: 131 - 140.
- [27] Wang H, Li C, Liang Y C. Agricultural utilization of silicon in China [A]. In: Datnoff L E, Snyder G H, Korndorfer G H. Silicon in agriculture. [M]. Amsterdam; Elsevier, 2001. 343 - 358.
- [28] 张洋洋, 任涛, 薛欣欣, 等. 枸溶性钾肥对油菜生长及土壤钾素的影响 [J]. 华中农业大学学报, 2013, 32 (6): 86 - 90.
- [29] 赵风兰, 高红莉, 慕兰, 等. 硅钾肥产业化风险评价及前景分析 [J]. 地域研究与开发, 2006, 25 (6): 126 - 128.
- [30] 胡霁堂, 周立祥. 植物营养学 (下册) [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2004. 79 - 85.
- [31] 黄昌勇. 土壤学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005. 23 - 29.

### The effect of citrate-soluble potassium fertilizers on rice growth

ZHANG Lu<sup>1</sup>, WEN Shi-lin<sup>1\*</sup>, CAI Ze-jiang<sup>1</sup>, LIU Li-sheng<sup>1</sup>, GUAN Jian-xin<sup>2</sup>, DUAN Shu-hui<sup>3</sup>, DAI Kuai<sup>4</sup> (1. Qiyang Agro-ecosystem of National Field Experimental Station, National Engineering Laboratory for Improving Quality of Arable Land / Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Qiyang Hunan 426182; 2. Qidong Agricultural Bureau of Hunan, Qidong Hunan 421600; 3. Liuyang Tobacco Monopoly Bureau, Liuyang Hunan 410300; 4. Yuxi Tobacco Monopoly Bureau, Yuxi Yunnan 651100)

**Abstract:** A pot experiment was conducted to evaluate the effects of 5 different potassium (K) fertilizers [potassium mineral (K1), citrate-soluble potassium fertilizer (K2), citrate-soluble potassium fertilizer containing 25% water-soluble potassium (K3), citrate-soluble potassium fertilizer containing 50% water-soluble potassium (K4) and potassium sulphate (K5) at rate of K<sub>2</sub>O 150 mg/kg], and different application rates (0.5K2, K2, 1.5K2 and 2K2 at rates of K<sub>2</sub>O 75, 150, 225 and 300 mg/kg, respectively) and combined application (0.5K2 + 0.5K5) on rice biomass, K uptake and soil available K (SAK) concentration. The results indicated that K application significantly increased rice biomass, K uptake and SAK except for K1 as compared with no K application treatment. Under same K application rate, rice biomass, K uptake and SAK markedly increased and then decreased with water-soluble potassium concentration increasing in citrate-soluble potassium fertilizer, and the highest values in rice biomass, K uptake and SAK were occurred in K4 (240.90 g/pot, 2.60 g/pot and 75.4 mg/kg) and K3 (234.86 g/pot, 2.24 g/pot and 73.9 mg/kg, respectively) treatments. Compared with K5 treatment, K4 and K3 treatments both significantly increased rice biomass, K uptake and SAK by 9.35% and 6.61%, 40.43% and 21.26%, 22.01% and 19.58%, respectively. Rice biomass, K uptake and SAK significantly increased with K2 application rate increasing and the highest values were observed in 2K2 treatment. The results demonstrated that citrate-soluble potassium fertilizer containing 25% ~ 50% water-soluble potassium (K4 and K3) had the best effect in increasing rice growth; citrate-soluble potassium fertilizer (K2) had same effect at 2-fold K application rate as compared with K4 and K3.

**Key words:** citrate-soluble potassium; water-soluble potassium; rice biomass; K uptake; soil available K