

水稻秸秆钾与化肥钾释放与分布特征模拟研究^①

李继福, 任 涛, 鲁剑巍*, 丛日环, 李小坤, 马晓晓

(华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070)

摘 要:通过室内恒温(25℃)培养试验,研究了不同用量水稻秸秆钾和化肥钾在水-土体系中的释放与分布特征。结果显示,施用水稻秸秆钾 300 mg/kg 处理,表层水溶液 pH 经历了一个弱酸化到弱碱化的过程,而化肥钾的施用则降低了表层水溶液的 pH。稳定态时相关分析表明, pH 与水稻秸秆钾用量正相关($R^2 = 0.938^{**}$),与化肥钾负相关($R^2 = 0.993^{**}$)。试验开始当天外加 300 mg/kg 化肥钾处理表层水溶液钾浓度达到最大值,为 50.64 mg/L,随后呈下降趋势。5 天时土壤缓效钾含量达到最大值 414.51 mg/kg,并保持相对稳定,而速效钾含量继续升高,25 天后变化较小。外加 300 mg/kg 水稻秸秆钾处理表层水钾浓度在第 3 天达到最大值,为 52.70 mg/L,之后呈下降趋势,但在相同时期时,秸秆钾处理表层水溶液钾含量高于化肥钾处理。不同钾素用量结果表明,施钾量为 150 mg/kg 时,两种来源钾主要以交换态钾存在,其次是水溶态钾;随着钾素用量的增加,钾离子被土壤固定,且在等量条件下,水稻秸秆钾处理的交换态钾比例高于化肥钾处理,而非交换态钾所占比例则相反。因此,在一定钾素用量范围内,土壤对秸秆钾和化肥钾的固定没有显著差异,而当用量超过阈值时,秸秆的投入会降低土壤对钾素的固定。

关键词:水稻秸秆钾;化肥钾;释放;分布;室内模拟

中图分类号: S143.3

农作物秸秆含有丰富的钾素资源,约占秸秆干物质量的 1.5%,我国秸秆每年保有量达 8.11 亿 t^[1],折合 K₂O 1 200 万 t,可见秸秆钾肥资源非常可观。同时,我国也面临着钾肥资源有限的问题,2010 年钾肥消费(K₂O)618 万 t,进口占到 54.8 %^[2],而国内生产规模一时很难扩大。不同于碳和氮,钾主要以离子形态存在秸秆中,极易溶于水,且不存在有机态-无机态的转化过程。因此,秸秆钾可作为一种很好的钾肥资源来应用,进行秸秆直接还田(或者焚烧还田)是利用秸秆钾资源最直接、最简便和最有效的途径。

作物吸收的钾主要来自于土壤钾库^[3],以水溶态和交换态钾为主,非交换态是前者的补充,又称缓效钾,即作物吸收钾素的过程与钾离子在土壤中的转化有密切的联系^[4]。关于钾肥在土壤中的固定和释放过程,目前已有大量的研究成果。土壤类型^[5]和黏土矿物^[6]对钾的转化影响最大,其次是水分、温度、pH 以及其他一些因素^[7]。说明植物在利用土壤钾素时受到多种因素的影响,这些因素也同样影响到钾肥的施用效果。那么,秸秆中钾素的释放与施用是否存在同

样的状况?另外,秸秆在释放钾的同时,自身也会腐解^[8]并释放出一定的离子和有机成分^[9-10],这是否会影响到秸秆钾的性质?为此,探明秸秆钾和化肥钾的等效性以及它们在土壤中的释放、分布规律显得极为重要。本文通过室内模拟试验,研究秸秆钾和化肥钾在土壤体系中的释放和分布特征,旨在通过等量的钾素投入,不考虑径流、渗漏以及植物等外界因素,采用便于控制的淹水状态,探讨各种形态钾的有效性,以期为田间秸秆还田秸秆钾素的利用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试土壤采自湖北省蕲春县向桥乡,为花岗片麻岩发育的水稻土,2012 年油菜收获后采集土壤样品,质地偏砂性。将采集后的土壤剔除其中的石块、植物残体,阴凉处风干,然后过 0.85 mm 筛,保存。土样基本理化性质:pH 5.5,有机质 25.58 g/kg,全氮 2.32 g/kg,全钾 29.43 g/kg,水溶性钾 10.15 mg/kg,速效钾 59.30 mg/kg,缓效钾 292.14 mg/kg,CEC 8.7 cmol/kg,

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(201203013)和国家土壤有机质提升项目资助。

* 通讯作者(lunm@mail.hzau.edu.cn)

作者简介:李继福(1987—),男,河南新乡人,博士研究生,主要从事作物养分管理与土壤肥力方面研究。E-mail: jifuli@webmail.hzau.edu.cn

钾饱和度 1.7%。

供试稻草秸秆于 2011 年中稻收获后采集, 风干后剪成 4~5 mm 小段, 储存备用, 使用前 60℃烘箱中烘 2 h, 保证稻草处于干燥状态。秸秆全钾含量(K) 为 18.0 g/kg, 化肥钾为分析纯 KCl(含 K 524.5 g/kg)。

1.2 试验设计

采用室内培养方法, 共设 7 个处理, 即 CK(不加外源钾); C-K300(300 mg/kg 化学钾); S-K300(300 mg/kg 秸秆钾); C-K150(150 mg/kg 化学钾); S-K150(150 mg/kg 秸秆钾); C-K600(600 mg/kg 化学钾); S-K600(600 mg/kg 秸秆钾)。称取过 0.85 mm 筛的风干土样 80 g 于玻璃瓶(直径 5.5 cm, 高 9.5 cm)中, 按照不同施钾量加入 KCl, 与土样充分混匀; 稻草混匀后装入 0.04 mm 尼龙网袋内呈扁平状, 竖直埋入距土面 1 cm 的位置。所有处理均缓慢加入 100 ml 去离子水, 保证 2 cm 的淹水层, 25℃恒温箱中培养。试验过程中采用称重法保持土壤水分恒定。

1.3 测定方法

土壤基本理化性质按常规法进行测定^[11]。土样 pH(2.5:1 水土比)用 pH 计测定, 水溶性钾用去离子水浸提, 速效钾用 1 mol/L 的 NH_4OAc 浸提, 酸溶性钾用 1 mol/L 的沸 HNO_3 提取, 全钾采用 NaOH 熔融法提取, 所有形态钾均用火焰光度计测定, CEC 用 1 mol/L 的 NH_4OAc 交换法测定。

试验周期为一个月(2012 年 4 月 29 日开始, 5 月 29 日结束), 处理 1、处理 2 和处理 3 分别在培养的第 0、1、2、3、5、10、15、20、25 和 30 天取样, 处理 4、5、6、7 分别在 5、15 和 30 天时取样。上层水样用 50 ml 注射器吸取并过滤于 75 ml 聚乙烯瓶

中, 用于测定体积和表层水溶液钾浓度; 然后将剩余土样混匀(装秸秆袋子移出, 以免风干过程稻草对钾测定造成影响)50℃快速风干^[12](约 5 h)、过 0.85 mm 筛网, 测定各种形态钾。

1.4 计算公式

表层水溶液钾量 = 表层水钾浓度 × 表层水体积

土样交换性钾含量 = 速效钾含量 - 水溶性钾含量

土样缓效钾含量 = 酸溶性钾含量 - 速效钾含量

外加钾回收率 = (酸溶性钾增加量 + 表层水溶液钾增加量)/实际投入总钾量 × 100%

1.5 数据处理

试验数据采用 MS Excel 2003 软件处理和作图, 并用 DPS 软件进行统计分析。文中所用数据均为 3 次重复的均值, 采用最小显著法(LSD) 检验试验数据的差异显著性($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 外源钾对表层水溶液 pH 和钾浓度的影响

由图 1 可知, 培养当天, CK、C-K300 和 S-K300 处理淹水层的 pH 分别为 5.70、5.31 和 5.73。随后 CK 和 C-K300 处理 pH 随时间的推移逐渐上升, 而添加秸秆处理(300 mg/kg)在第 1 天有所下降, 之后快速回升, 其表层水溶液的 pH 比 CK 处理提前由弱酸性变为弱碱性。3 个处理在 10 天后变化不大, pH 依次为 7.37、6.79 和 7.53, 整个培养期化肥钾处理的 pH 一直低于 7.0。不同用量、不同时期的钾肥和秸秆对表层水溶液 pH 的影响存在差异。30 天时通过相关性分析得出, pH 与秸秆钾用量表现出正相关性($R^2 = 0.938^{**}$), 与化肥钾负相关($R^2 = 0.993^{**}$)。

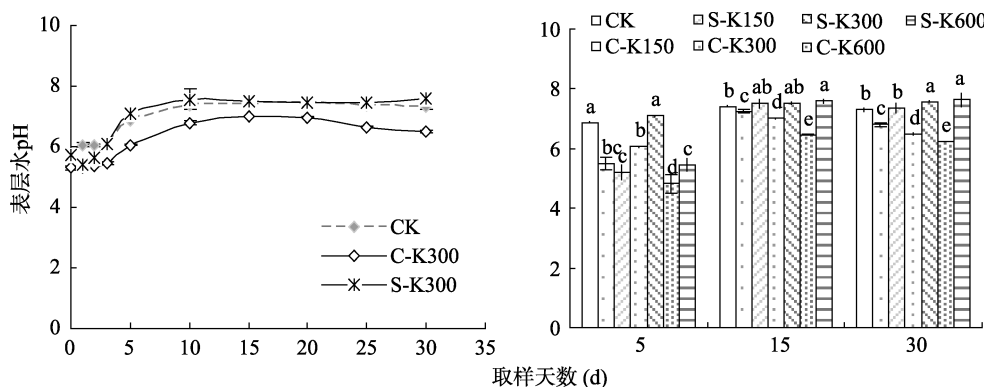


图 1 土壤表层溶液 pH 的动态变化

Fig. 1 The dynamic change of pH of surface water

同样, 外加 300 mg/kg 钾时, 表层水溶液的钾浓度变化对秸秆钾和化学钾的响应存在差异。C-K300 处理当天钾浓度已达到最高点, 为 50.64 mg/L, 5 天

内降幅较快, 平均为 1.59 mg/(L·d); 之后降幅减缓, 20 天后基本平稳为 35.07 mg/kg, 但仍高于 CK 处理 583.6%。虽秸秆钾大都以离子态存在, 但释放到表层

水溶液中仍需要一定的时间,本次试验在第 3 天达到最大值,为 52.70 mg/L,随后快速下降,10 天后变化趋势同化肥钾处理。不同用量结果表明,相同的时期随着添加钾量的增加,表层水溶液钾浓度也随之增加。当钾用量为 150 mg/kg 时,秸秆钾和化肥钾处理淹水层的钾浓度没有差异;钾用量高于 150 mg/kg 时,表层水溶液钾浓度表现为秸秆钾处理大于化肥钾处理。

2.2 外源钾对土壤速效钾含量的影响

土壤速效钾包括水溶性钾和交换性钾两部分,图 3 显示外加 300 mg/kg 钾时土壤速效钾含量变化与 CK 处理相比,在培养的第 1 天,化学钾和秸秆钾处

理均出现一个高峰,其含量分别为 320.87 mg/kg 和 311.41 mg/kg,随后分别在第 2 天和第 5 天降到 259.94 mg/kg 和 273.60 mg/kg,之后两者均缓慢回升,且同期秸秆钾处理的土壤速效钾含量略高于化学钾处理,但差异不显著。不同用量结果表明在培养第 5 天时,外加钾小于 600 mg/kg 时,化学钾处理的速效钾含量和秸秆钾处理差异不明显;当增加到 600 mg/kg 时,秸秆钾处理的速效钾含量比化肥钾处理显著增加 26.26 mg/kg。第 15 天和 30 天结果显示外加钾量大于 150 mg/kg 后,秸秆钾处理速效钾含量高于化学钾处理,且差值随外源钾用量的增加而显著增加。

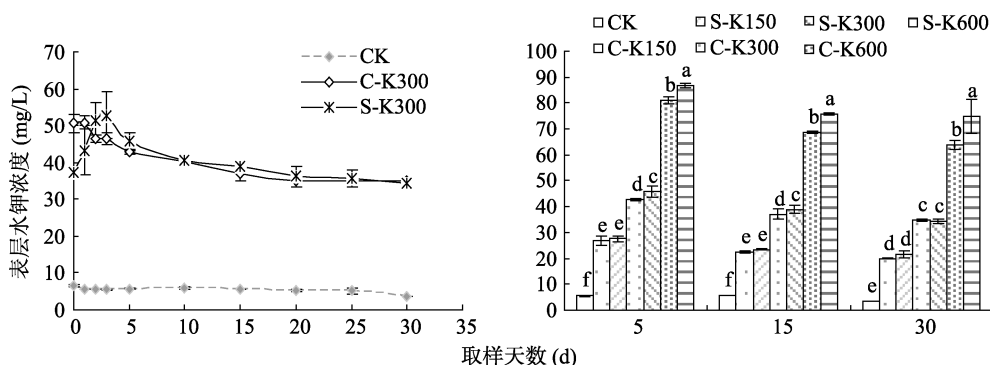


图 2 土壤表层溶液钾浓度的变化

Fig. 2 The dynamic change of total K concentration of surface water

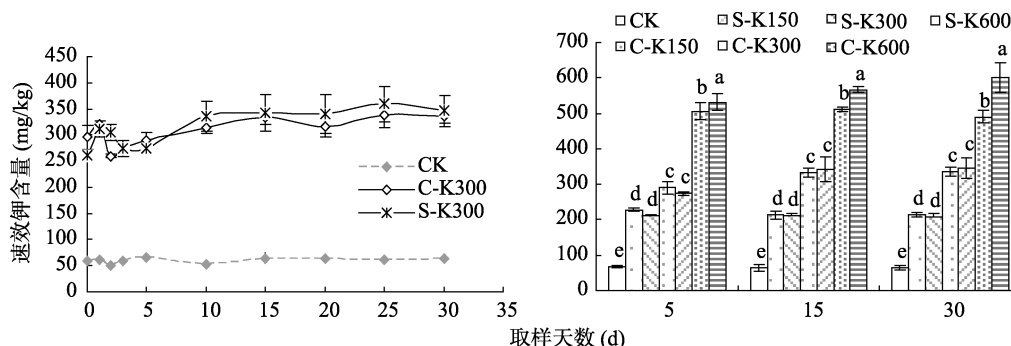


图 3 土壤速效钾含量变化

Fig. 3 The dynamic change of readily available K in soil

2.3 外源钾对土壤缓效钾含量的影响

图 4 显示,土壤缓效钾含量的变化不同于土壤速效钾,CK 处理在第 5 天时缓效钾含量为 313.81 mg/kg,比初始显著增加了 35.16 mg/kg,增幅为 11.2%。说明即使不加外源钾,通过一定时间的淹水,土壤自身也具有一定的恢复能力。外加 300 mg/kg 化学钾和秸秆钾均在第 5 天达到最大值,分别为 414.51 mg/kg 和 369.18 mg/kg,比培养当天分别增加 89.22 mg/kg 和 28.96 mg/kg,增幅分别为 21.5% 和 7.8%;之后虽有

波动但变化较小。不同用量结果显示第 5 天时, C-K150 和 S-K150 缓效钾含量分别为 301.30 mg/kg 和 254.10 mg/kg,均低于 CK 处理,但差异不显著,这可能与沸硝酸提取过程中不同批次样品环境条件控制不一致,以致产生误差有关;外加钾量高于 150 mg/kg 时,缓效钾含量增加,且等量投入条件下,缓效钾含量总是化肥钾处理高于秸秆钾处理。随着培养时间的延长,两种来源钾同等用量处理下缓效钾含量差值减小。

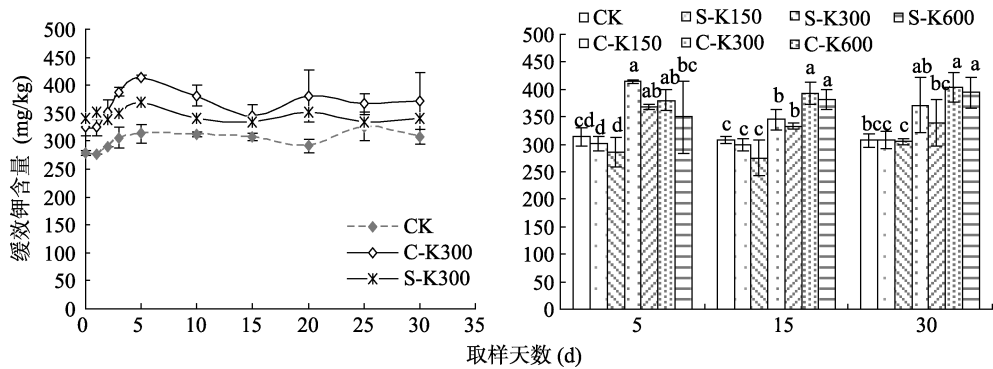


图 4 土壤缓效钾含量变化
Fig. 4 The dynamic change of slowly available K in soil

2.4 秸秆钾与化肥钾分布特征

通过上述分析可知,培养 10 天后,表层水溶液的钾浓度以及土壤各种形态钾含量基本处于动态平衡,变化很小。因此,选择第 30 天时的结果分析外加钾在土壤中的分布特征。从表 1 可以看出,经过一个月的淹水处理,CK 处理的交换态钾和非交换态钾比基础土样有所提高,但差异并不显著;同时,土壤各种形态钾浸提量也均是随着外加钾量的增加而显著增加。当外加钾量为 150 mg/kg 和 300 mg/kg 时,秸秆钾与化肥钾处理的 3 种形态钾含量差异不显著;当加钾量达 600 mg/kg 时,S-K600 处理的水溶态钾和交换态钾浸提量比 C-K600 处理显著增加了 1.04 mg/钵

和 7.56 mg/钵,增幅分别为 6.3% 和 30.2%,而非交换态钾量基本相同,这可能与高量秸秆的加入影响黏土矿物钾释放有关。

另外,外加钾在水-土体系中的分布与外加量有密切关系。如图 5 所示,随着不同来源钾投入的增加,等量处理水溶态钾所占百分比并没有显著差异。外加钾量为 150 mg/kg 时,秸秆钾和化肥钾处理的非交换态钾均未增加,说明投入的钾均以水溶态和交换态的形式存在。当外加钾量大于 150 mg/kg 时,秸秆钾处理的交换态钾比例明显高于等量化肥钾处理,而非交换态钾则正好相反。说明施用一定量的含钾秸秆能减少土壤对钾素的固定。

表 1 培养 30 天时各种形态钾浸提量(mg/钵)
Table 1 The extracts of various forms K in soil on 30d

项目	CK	C-K150	S-K150	C-K300	S-K300	C-K600	S-K600	基础土样
水溶态钾	0.95 e	4.80 d	4.91 d	8.61 c	7.90 c	16.59 b	17.63 a	0.81 e
交换态钾	4.35 e	13.07 d	12.53 d	19.52 c	20.83 c	24.99 b	32.55 a	3.93 e
非交换态钾	24.61 cd	24.62 cd	24.41 cd	29.70 ab	27.20 bc	32.34 a	31.60 a	23.37 d
总钾量	29.91 e	42.48 d	41.85 d	57.83 c	55.93 c	73.93 b	81.78 a	28.12 e

注:水溶态钾=表层水钾+土壤水溶性钾

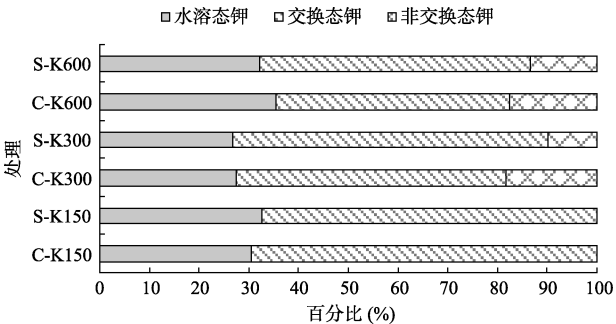


图 5 不同来源钾在土壤中的分配比率
Fig. 5 Ratio of different plus K in the soil

3 讨论与结论

3.1 秸秆钾与化肥钾的等效性

表层水溶液 pH 的变化主要受到外加去离子水和

土壤氧化还原状态的影响,另外秸秆钾和化肥钾作为两种不同性质的钾源,其施用也会影响到表层水溶液的 pH 变化。秸秆泡水后不仅会释放钾素,还有其他碱性金属、阴离子和有机成分^[9-10]的释放,秸秆腐解的前期有机酸释放使得表层水溶液 pH 出现一个弱酸化过程,随着腐解时间的推移、微生物活动以及有机酸被分解,则又出现一个碱化的过程,导致 pH 最终升高^[13]。化肥钾主要成分是 KCl,易溶于水,是一种生理酸性肥料,K⁺ 被土壤表面吸附后会置换出致酸离子,在没有外界因素干扰的情况下,KCl 处理土壤表层水溶液 pH 呈酸性,且低于对照处理。

钾的释放规律表明,田间水源充足的情况下,化肥钾投入能快速地被水-土体系容纳和吸附,而秸秆

钾的释放则需要一定的时间,另外试验过程中稻草被包扎埋入土壤中,分布不均匀,一定程度上也会影响钾离子的扩散。所以,释放出来的秸秆钾从土壤进入水体比化肥钾进入水体有滞后性。外加钾源进入土壤首先存在土壤溶液中或吸附于黏土矿物表面,只有投入量超出一定范围钾素才会转化为非交换态。等量钾素条件下,试验前期秸秆钾处理表层水全钾浓度和速效钾含量明显高于化肥钾处理,而缓效钾含量则相反。这是由于化肥钾进入土壤后部分钾离子被黏土矿物固定,转变为非交换态^[14];而秸秆在释放钾的同时也会释放出 Na^+ 和 NH_4^+ 等伴随阳离子,它们和 K^+ 的水合半径接近,能侵占部分层间吸附位点,减少秸秆钾的固定量^[15]。因此,两种钾源释放的钾离子分布会因自身材料特点而有所差别。

3.2 秸秆腐解与黏土矿物钾素释放

试验结束后计算秸秆钾素回收率发现,外加 150、300 和 600 mg/kg 秸秆钾处理比试验前投入秸秆钾量分别增加了 1.2%、7.7% 和 7.5%,相对于土壤全钾含量,其增量是微乎其微的,说明土壤矿物钾素的释放是一个非常缓慢的过程,并受到黏土矿物类型、腐殖酸含量^[16]、土壤水分、温度、pH、土壤微生物等多种因素的影响。秸秆在适宜的水分和温度条件下,前期腐解速率较快^[13],过程较为复杂,翻压 10 天内土壤有机酸累积水平较高^[17],对矿物钾的释放具有一定的促进作用^[18],同时秸秆还田前期土壤微生物数量迅速增加、活性提高^[19],降低了周边的 pH,从而促进云母类次生矿物层间钾的释放^[20-21]。试验所用的土壤主要矿物成分是黑云母、钾长石和石英,同时秸秆投入比例相对较大,秸秆钾素实际回收率高于投入量可能与此有关。秸秆腐解溶液可能会间接地促进矿物钾的释放,秸秆腐解的过程也是一个活化矿物钾的过程。因此,长期秸秆还田不仅可以起到归还养分的作用,还可能促进矿物钾的释放。

3.3 秸秆钾的植物有效性评价

秸秆钾能否发挥化肥钾的增产、培肥效果关键要看其能否被植物吸收、利用,以往研究多将秸秆作为一个整体进行研究,将秸秆看作钾肥资源研究较少。农作物地上部积累的钾素 80% 存在于秸秆中,若进行全量还田单位面积的秸秆钾投入量远大于化学钾肥施用量^[22-23],但其增产效果表现不一^[24],这不仅与秸秆钾的肥效有关,还与秸秆还田带来的其他效应诸如出苗率^[25]、土壤水分、氮肥用量等有关。通常,农作物收获后除部分秸秆被移出农田外,大部分钾素会随着秸秆残体或者就地焚烧而被保留在土壤

表面。在下茬作物种植前,往往有一段休闲期,尤其是秸秆还田的前期,土壤水溶态钾和交换态钾含量较高,极易受到外界环境比如土壤水分、以及因降雨^[26]、灌排水而造成的地表径流和渗漏等因素的影响,而钾肥多在种植前 1 ~ 3 天才施用。从生产实践上讲两种钾的流向途径和时空变化是不对称的。另外秸秆还田在旱地和水田状况下其释钾特点和钾素利用效率以及能否替代化肥钾等还需要进一步的研究和探索。

参考文献:

- [1] 李书田,金继运. 中国不同区域农田养分输入、输出与平衡[J]. 中国农业科学, 2011, 44(20): 4 207-4 229
- [2] 北京东方艾格农业咨询有限公司. 2010—2011 年度中国化肥市场回顾与展望[J]. 化工设计通讯, 2011, 37(3): 6-15
- [3] Askegaard M, Eriksen J, Olesen JE. Exchangeable potassium and potassium balances in organic crop rotations on a coarse sand[J]. Soil Use and Management, 2003, 19: 96-103
- [4] Romheld V, Kirkby EA. Research on potassium in agriculture: Needs and prospects[J]. Plant Soil, 2010, 335: 155-180
- [5] 朱永官, 罗家贤. 我国南方某些土壤对钾素的固定及其影响因素[J]. 土壤, 1993, 25(2): 64-67
- [6] 罗家贤, 包梅芬. 几种黏土矿物和一些土壤的钾固定[J]. 土壤学报, 1988, 25(4): 379-386
- [7] 梁成华, 魏丽萍, 罗磊. 土壤固钾与施钾机制研究进展[J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 679-684
- [8] Yanni SF, Whalen JK, Ma BL. Crop residue chemistry, decomposition rates, and CO_2 evolution in Bt and non-Bt corn agroecosystems in North America: A review[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2010, 87: 277-293
- [9] 秦建光, 余春江, 聂虎, 李廉明, 骆仲决, 岑可法. 秸秆燃烧中温度对钾转化与释放的影响[J]. 太阳能学报, 2010, 31(5): 540-544
- [10] 冯毅. 秸秆中钾的提取及回收利用[D]. 成都: 成都理工大学, 2008
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2007
- [12] 丛日环, 李小坤, 鲁剑巍, 周六凤, 姜存仓, 廖志文. 不同水分状况对红壤和黄褐土速效钾含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(5): 1 072-1 077
- [13] 戴志刚, 鲁剑巍, 鲁明星, 杨文兵, 范先鹏. 水稻秸秆用量对淹水培养土壤表层溶液理化性质的影响[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(1): 20-24
- [14] Schneider A. Characterization of soil potassium supply as derived from sorption-desorption experiments[J]. Plant and Soil, 2003, 251: 331-341
- [15] 陈小琴, 周建民, 王火焰, 杜昌文. 铵钾施用次序和比例对油菜生长和氮钾养分吸收的影响[J]. 土壤, 2008, 40(4): 571-574
- [16] 梁成华, 罗磊, 杜立宇, 潘大伟. 腐殖酸对耕地棕壤固钾与释钾作用的影响研究[J]. 土壤学报, 2005, 42(3): 468-472

- [17] 单玉华, 蔡祖聪, 韩勇, Johnson SE, Buresh RJ. 淹水土壤有机酸积累与秸秆碳氮比及氮供应的关系[J]. 土壤学报, 2006, 43(6): 941-947
- [18] Song SK, Huang PM. Dynamics of potassium release from potassium-bearing minerals as influenced by oxalic and citric acids[J]. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52: 383-390
- [19] 盘莫谊, 谭周进, 李倩, 李建国, 陈冬林, 张杨珠. 早稻秸秆还田对次年早稻土微生物及酶的影响[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 380-386
- [20] Mengel K, Uhlenbecker K. Determination of available inter-layer potassium and its uptake by ryegrass[J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57(3): 761-766
- [21] 沈钦华, 王火焰, 周健民, 杜昌文, 陈小琴. 含钾矿物中钾的释放及其与溶液环境中离子种类的关系[J]. 土壤, 2009, 41(6): 862-868
- [22] 王亚艺. 水稻-油菜轮作中钾肥效应及作物-土壤体系钾素动态变化研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2010
- [23] 张会民, 徐明岗, 吕家珑, 石孝均, 陈义. 长期施肥对水稻土和紫色土钾素容量和强度关系的影响[J]. 土壤学报, 2009, 46(4): 640-645
- [24] 谭德水, 金继运, 黄绍文, 李书田, 何萍. 不同种植制度下长期施钾与秸秆还田对作物产量和土壤钾素的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 133-139
- [25] 沈学善, 屈会娟, 李金才, 黄钢, 陈尚洪, 陈红琳, 刘定辉. 小麦玉米秸秆全量还田对冬小麦出苗和光合生产的影响[J]. 西南农业学报, 2012, 25(3): 847-851
- [26] 刘红红, 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

Study on Characteristics of Release and Distribution of Rice Straw Potassium and Chemical Potassium by Lab Simulation

LI Ji-fu, REN Tao, LU Jian-wei*, CONG Ri-huan, LI Xiao-kun, MA Xiao-xiao

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

Abstract: In this paper, laboratory incubated experiments (25°C) were carried out to study the characteristics of release and distribution on different amount of rice straw potassium (K) and chemical potassium (K) in the water-soil system. Results showed that pH of surface water dealing with application of straw potassium 300 mg/kg through a process, namely from weak acidification to weak alkalization. Nevertheless, treatment with chemical potassium reduced pH of flooded solution. In steady situation, pH of surface solution had a positive correlation ($R^2 = 0.938^{**}$) with rice straw potassium, but a negative correlation with chemical potassium ($R^2 = 0.993^{**}$). For the treatment with 300 mg/kg chemical potassium, surface water soluble K was highest (50.64 mg/L) on day 0, and then tended to decrease. Unlike surface water soluble K, slowly available K reached the maximum value (414.51 mg/kg) on day 5, and then maintained dynamic stability. However, available K content continued to rise before day 25. For the treatment adding 300 mg/kg rice straw potassium, surface water soluble K first reached the maximum value (52.70 mg/L) on day 3 and then decreased gradually. For the same time, K concentration of surface water adding 300 mg/kg straw potassium was higher than that of chemical potassium treatment. Different potassium rates results indicated that when the amount of applied potassium was 150 mg/kg, two kinds of potassium mainly existed as exchangeable K, followed by soluble K. With the increment of extra potassium, fixation-K began to be increased. For the equivalent potassium rate, the proportion of exchangeable K was higher in the treatment with rice straw potassium than the treatment with chemical potassium whereas the proportion of non-exchangeable K of them were on the contrary. There were no significant differences on the fixation-K of soil between straw potassium and chemical potassium when the amount of added potassium was within the threshold. When the amount of extra potassium was beyond the threshold, adding straw to soil could reduce K fixation.

Key words: Rice straw potassium, Chemical potassium, Release, Distribution, Lab simulation