

沿江平原稻麦轮作系统维持钾素平衡和作物高产的 钾肥运筹研究^①

刘 枫¹, 吴传洲², 朱克保², 奚 波², 韩韦东²

(1 安徽省农业科学院土壤肥料研究所, 合肥 230031; 2 安徽省芜湖县农技中心, 安徽芜湖 241100)

摘 要: 在安徽沿江平原的稻麦轮作试验结果表明, 施用钾肥可明显增加稻麦产量, 但过多施用钾肥, 产量呈现下降; 除最高施钾处理外, 水稻的钾肥效率也随施钾量的增加而提高, 小麦则呈现相反的趋势。稻麦施钾收益差异与钾肥效率变化趋势一致; 水稻和小麦地上部钾吸收量随施钾量的增加, 也呈上升趋势。水稻和小麦各处理籽粒氮、磷吸收量均高于秸秆, 而秸秆钾吸收量明显高于籽粒; 随着钾肥投入的增加, 水稻和小麦钾吸收量也明显呈上升趋势, 水稻收获后各处理钾素均出现亏缺, 但随着施钾量的提高, 钾素亏缺程度减轻; 小麦施钾(K_2O) 117 kg/hm^2 以上时, 农田钾素出现相应盈余。水稻或稻麦合计, 钾肥利用率均随施钾量增多呈明显下降趋势。从保证稻麦高产高效, 维持土壤钾素肥力考虑, 水稻施钾(K_2O) 156 kg/hm^2 、小麦施钾 117 kg/hm^2 可作为类似生产条件农区的钾肥推荐用量。

关键词: 水稻; 小麦; 产量; 钾肥效率; 钾素平衡

中图分类号: S344.17; S143.3

钾是农作物必需的三大营养元素之一。随着化肥施用量的增加和相关农业技术的进步, 作物产量大幅度增加, 从土壤中带走的钾素逐渐增多, 农田钾素的回补严重不足; 施肥结构不合理, 氮磷化肥用量相对增加较快, 也加剧了作物对土壤钾的消耗^[1]。钾肥的增产效果正在逐渐提高, 钾肥显效的耕地面积也在不断扩大^[2-5]。

随着农村劳动力的大量转移和农业机械化的发展, 农民的耕作习惯和种植结构也在发生变化, 稻麦轮作已成为沿江平原主要的种植制度。近年来钾肥运筹研究多集中于水稻、小麦单季作物增产^[6-9]或其他轮作模式的施钾效应研究^[10-14], 且多注重于作物的产量和品质。仅有朱培立等^[15]报道在江苏稻麦轮作一年两熟制地区的淋溶土和新成土上, 连续两年进行了钾肥运筹田间试验; 魏文等^[16]在沿淮地区针对农民习惯磷钾分配处理, 通过麦稻轮作条件下磷钾分配运筹试验, 研究了在轮作周期内磷、钾肥总用量不变的前提下, 磷钾不同分配比例对小麦、水稻产量构成因素及产量的影响; 熊明彪等^[17]以紫色土稻麦水旱轮作的长期定位试验为供试土壤, 对紫色土上长期施

用钾肥对稻麦产量效应及土壤钾素形态、含量变化等进行了系统研究。而沿江平原稻麦轮作制下维持钾素平衡和作物高产的钾肥运筹研究未见报道。科学施用钾肥对提高和稳定稻麦产量, 维持土壤钾素肥力, 促进农业可持续发展至关重要。为此, 笔者在安徽沿江江南平原区设置了稻麦轮作长期定位试验, 试图通过多年田间试验找到既能维持作物高产又能保证农田钾素平衡的适宜钾用量, 同时探讨不同钾用量对稻麦产量、钾吸收、土壤钾平衡的影响。现仅就 2009—2010 年轮作周期试验结果, 对该种植制度下土壤钾素平衡状况和施钾效应进行分析, 为钾肥合理利用提供依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验设在安徽省水稻主产区沿江平原的芜湖县红杨镇永平村杨青松承包田, 试验地土壤为河流冲积物发育的水稻土, 质地砂黏适中。土壤基础农化性状为: pH 5.20, 有机质 28.4 g/kg , 全氮 1.46 g/kg , 速效磷 18.8 mg/kg , 速效钾 73.20 mg/kg , 缓效钾 374.00 mg/kg 。

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201203013-1-2)、国际钾肥研究所(瑞士 IPI)国际合作项目和安徽省科技厅项目(1406c085025)资助。

作者简介: 刘枫(1958—), 男, 安徽芜湖人, 研究员, 主要从事土壤肥力、植物营养与施肥技术研究。E-mail: 442970620@qq.com

供试水稻品种为新香优 80 ,小麦品种为杨麦 11 号。
供试氮磷钾肥分别为尿素(含 N 460 g/kg)、过磷酸钙(含 P₂O₅120 g/kg)、氯化钾(含 K₂O 600 g/kg)。

水稻于 2009 年 5 月 11 日播种,密度为 187 500 株/hm²,6 月 13 日移栽,6 月 28 日追肥,9 月 23 日收获;小麦于 10 月 19 日播种,用种量 150 kg/hm²,播后灌水,2010 年 3 月 8 日追肥,6 月 1 日收获。

1.2 试验设计和方法

试验设 K0:对照,不施钾; K1:每季施钾量为 K2 处理的 70%; K2:当地不同作物的常规用量; K3:每季施钾量为 K2 处理的 130%; K4:每季施钾量为 K2 处理的 160% 等 5 个处理。施肥量见表 1。

表 1 不同处理水稻和小麦氮磷钾肥用量(kg/hm²)
Table 1 N, P and K application rates for rice-wheat trial

作物	氮肥 (N)	磷肥 (P ₂ O ₅)	钾肥(K ₂ O)				
			K0	K1	K2	K3	K4
水稻	200	65	0	84	120	156	192
小麦	180	90	0	63	90	117	144

水稻和小麦氮肥分别基施 70% 和 50%,余下适时一次追施。磷钾肥全部作基肥一次性施用,每个处理 4 次重复,随机区组排列,小区面积 20 m²。

1.3 测定项目与方法

每季作物收获后各处理分别称重,统计生物产量,以计算作物从土壤中带走的养分量。水稻和小麦成熟期随机取地上部植株进行考种,并分析水稻和小

麦秸秆和籽粒氮、磷、钾含量。土壤和植物样品均采用常规分析方法^[18]。

1.4 数据分析方法

钾肥效率(每公斤 K₂O 的增产量)(kg/kg)= (施钾处理产量-不施钾处理)/施钾量;

相对产量=(施钾处理产量/不施钾处理产量)×100;

净增收入(元/hm²) = (施钾处理产量-不施钾处理产量)×产品价格- (钾肥用量×钾肥价格);

产投比= 每公斤 K₂O 增产量×产品单价/K₂O 单价;

钾肥利用率(%) = (施钾处理钾素累积量-不施钾处理钾素累积量)/施钾量 × 100。

试验数据采用 DPS7.05 版统计软件,用 LSD 法进行统计分析,并进行多重比较。

2 结果与讨论

2.1 施钾量对稻麦产量构成的影响

从稻麦产量构成因素统计结果(表 2)分析,各处理水稻有效穗数无明显变化,处理间差异不显著,而小麦随着施钾量提高,有效穗数呈上升趋势;水稻穗粒数基本与施钾量增加趋势一致,而小麦穗粒数无明显变化趋势;稻麦千粒重明显随施钾量提高呈上升趋势,且施钾处理与对照处理产量差异均达显著水平。说明水稻产量主要取决于穗粒数和千粒重,而小麦主要取决于有效穗数和千粒重。这一结果与魏文等人^[16]研究结果一致。从理论产量看,除水稻最高施钾处理外,其余各处理随着施钾量提高,稻麦产量也随之增加。

表 2 施钾量对稻麦产量构成的影响
Table 2 Effects of K application rates on yield components of rice and wheat

作物	处理	有效穗数(万/hm ²)	穗粒数(粒/穗)	千粒重(g)	理论产量(kg/hm ²)
水稻	K0	184.0 a	155.6 b	28.04 c	8 027.96 cd
	K1	177.8 a	163.1 ab	28.45 b	8 250.27 bc
	K2	182.7 a	162.0 ab	28.54 b	8 447.10 b
	K3	189.1 a	185.7 a	28.59 b	10 039.63 a
	K4	185.7 a	182.8 a	28.97 a	9 834.14 a
小麦	K0	341.1 c	36.3 a	46.3 c	5 732.83 d
	K1	385.5 b	33.2 c	47.2 b	6 040.94 c
	K2	394.8 ab	35.2 ab	47.4 b	6 587.16 b
	K3	408.4 a	34.3 bc	48.2 a	6 751.91 b
	K4	410.1 a	36.1 ab	48.4 a	7 165.43 a

注：同列数据后不同小写字母表示同一作物不同处理间差异在 P<0.05 水平差异显著,下同。

2.2 施钾量对稻麦产量的影响

朱培立等^[15]研究认为,钾肥无论在稻季或麦季施用,均有较好的增产效果,小麦的增产幅度大于水稻。本试验实收产量结果表明(表 3),施用钾肥可明

显增加稻麦产量,各施钾处理水稻较对照处理增产 3.3%~9.6%,小麦增产均超过 10%。第一季水稻没有第二季小麦增产幅度大,主要是因为第一季水稻各施钾处理平均有效穗数与不施钾对照处理相差无几,

表 3 施钾量对稻麦产量和经济效益的影响
Table 3 Effects of K application rates on yield and economic benefit of rice and wheat

作物	处理	产量 (kg/hm ²)	钾肥效率 (kg/kg)	钾肥的产量效应		净增收入 (元/hm ²)	产投比
				增产(kg/hm ²)	相对产量(%)		
水稻	K0	8 344 c	—	—	100.00	—	—
	K1	8 615 bc	3.23	271	103.25	99.90	1.33
	K2	8 830 ab	4.05	486	105.82	291.00	1.66
	K3	9 144 a	5.13	800	109.59	630.60	2.11
	K4	8 836 ab	2.56	491	105.90	37.20	1.05
小麦	K0	3 981 b	—	—	100.00	—	—
	K1	4 419 a	6.94	438	110.99	559.41	3.05
	K2	4 475 a	5.49	494	112.97	548.90	2.41
	K3	4 500 a	4.43	519	113.03	479.49	1.95
	K4	4 469a	3.39	488	112.24	303.68	1.49

注：水稻价格 1.50 元/kg、K₂O 价格 3.65 元/kg(2009 年)；小麦价格 1.90 元/kg(2010 年)、K₂O 价格 4.33 元/kg(2009 年)。

最大相差不足 3%；而第二季小麦各施钾处理平均比对照处理高 17% 以上(表 2)，可能是由于试验土壤钾含量相对较高，能基本满足第一茬水稻生长对钾的需求所致。而随着对照处理钾的净消耗，后茬小麦的钾肥效应比前茬水稻进一步显现。同时说明钾对促进作物有效穗及产量增加有重要作用。

水稻各施钾处理平均产量较不施钾对照处理增加 512 kg/hm²(最高增产 800 kg/hm²)；而小麦平均比对照处理增产 485 kg/hm²(最高增产 519 kg/hm²)，但无论从平均增产量和最高增产量，水稻都高于小麦，说明第一季水稻没有第二季小麦的增产幅度大与小麦基础产量和总体产量较低有关。

随着施钾量的提高，稻麦产量也随之增加，当水稻施钾 156 kg/hm²、小麦施钾 117 kg/hm² 时，稻麦产量最高，分别达到 9 144 kg/hm² 和 4 500 kg/hm²，继续增施钾肥，产量则降低。统计分析表明，除水稻 K1 处理外，各施钾处理均较对照处理产量差异显著；而除水稻 K3 较 K1 处理产量差异显著外，各施钾处理间产量差异均不显著。

随着施钾量的增加，水稻的钾肥效率也随之提高，K3 处理达到 5.13 kg/kg，小麦则呈现相反的趋势，而当施钾量达到 192 kg/hm² 时，水稻的钾肥效率也明显降至最低。说明在第一季水稻增施一定量钾肥，作物产量增幅高于钾的增量，养分转化为产量的效率也随之提高，但当钾供应量超过一定限度，养分转化为产量的效率滞后，作物产量也转而下降，这也符合报酬递减律，同时，也与类似研究结果一致^[10,19]；而第二季小麦虽然各处理施钾量不同，但均能满足生长的基本需求，施钾处理间产量差异不足 2%，所以，随着施钾量的增加，小麦钾肥效率也随之下降，因为是

在不同钾素肥力条件下进行，这种趋势也愈加明显。

2.3 施钾量对稻麦经济效益的影响

从表 3 还可以看出，水稻和小麦各处理净增收入最多的分别为处理 K3 (156 kg/hm²) 和 K1(63 kg/hm²)，每公顷分别达 630.60 元和 559.41 元，相差近 13%；最少的均为最高施钾处理 K4，其中水稻仅增收 37.20 元。水稻和小麦产投比最高也分别为 K3 和 K1 处理，最低的也均为 K4 处理，且都未超过 1.50。可见稻麦施钾的收益差异与钾肥效率变化趋势一致。说明施用钾肥虽然可以增产，但不是施得越多越好，增产也不一定增收。当生产资料和产品价格在相对合理区间时，只有在提高养分效率的前提下，才能确保稳定的高收益。

稻麦合并统计，K1、K2 和 K3 处理产投比相差无几，只有 K4 处理相对较低；而合计净增收入 K1、K2、K3 和 K4 处理每公顷分别为 659.31 元、839.90 元、1 110.09 元和 340.88 元。以 K3 处理(水稻施钾 156 kg/hm²、小麦 117 kg/hm²)综合经济效益最佳。

本试验水稻的籽粒产量平均为小麦的 2 倍；而秸秆平均产量约为小麦的 1.3 倍。从经济系数(经济产量/生物产量)分析结果可知，水稻各处理平均约为 0.52；小麦约为 0.41。从施钾效率和净增收入等方面综合比较，水稻增施钾肥较小麦增产潜力更大，也更加经济实惠，稻麦轮作制下钾肥应向水稻倾斜。

2.4 施钾量对稻麦营养吸收的影响

由图 1 和图 2 可知，各处理间籽粒磷、钾和秸秆氮、磷吸收量无明显差异；而籽粒氮、磷吸收量均高于秸秆，秸秆钾吸收量均高于籽粒；籽粒氮和秸秆钾吸收量最大，且基本随着施钾量增加相应提高。水稻秸秆吸钾量明显高于籽粒吸氮量；小麦则基本相反，但当施钾量达最高(144 kg/hm²)时，秸秆钾吸收量超过

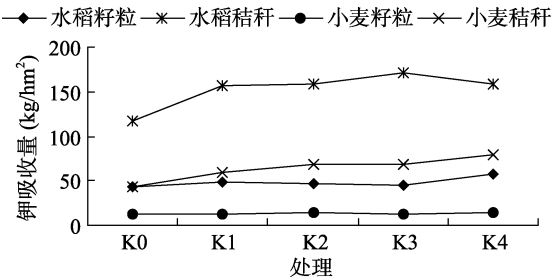
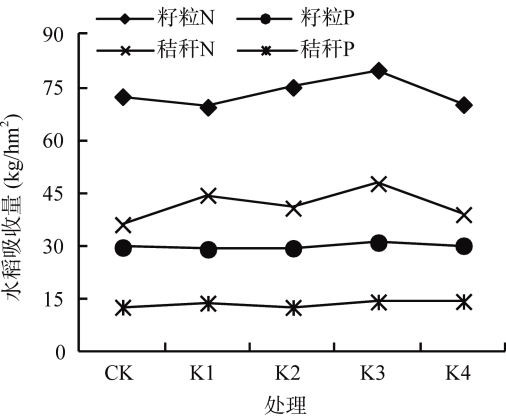


图 1 水稻和小麦不同部位钾吸收量
Fig. 1 K uptake of rice and wheat in different organs



籽粒氮吸收量,由于产量呈现下降,因而可视为小麦钾的无效吸收。此结果还表明,稻麦钾吸收运转主要集中在秸秆部位,这与相关研究结果一致^[4,20-22]。

由图 3 可以看出,水稻地上部氮、磷、钾吸收量均高于小麦,钾吸收差异尤为明显,这主要与产量结果有关;水稻和小麦各处理间地上部磷吸收量无明显差异;而随着施钾量的增加,水稻和小麦地上部分钾和氮吸收量也基本呈上升趋势。说明钾、氮交互作用促进了稻麦氮的吸收,这也一定程度验证了相关研究结果^[1,12,23]。

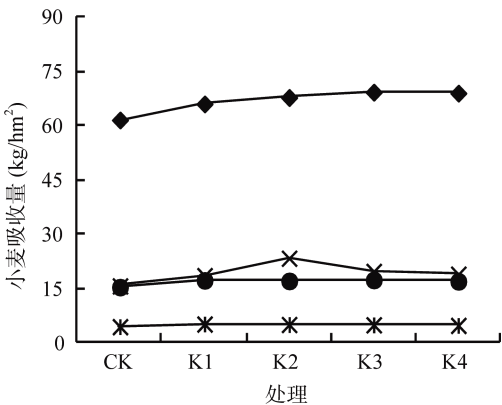


图 2 水稻和小麦不同部位氮、磷吸收量
Fig. 2 N, P uptake of rice and wheat in different organs

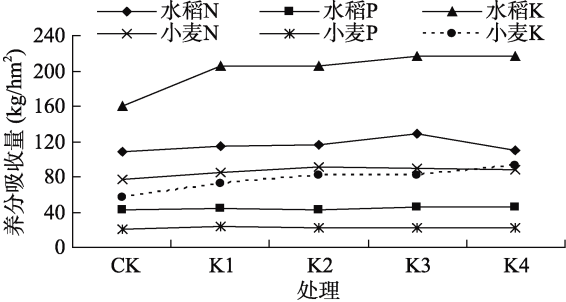


图 3 水稻和小麦地上部分氮、磷、钾吸收量
Fig. 3 N, P and K uptake of rice and wheat of above-ground parts

从图 1 和表 4 可知,水稻和小麦籽粒吸钾量虽无明显的变化趋势,但基本是随着施钾量的增加总体呈上升趋势,而秸秆以及地上部分总吸钾量的这种上升趋势尤为明显。由此得到的稻麦两季累计吸钾量更可以说明这一点。虽然稻麦产量并没有随着施钾

量增加而持续增产,但由于增施钾肥后,大幅提高的根际范围钾离子浓度,吸收动力学作用诱导了钾的被动吸收^[24],也造成了稻麦对钾的奢侈吸收。

从钾吸收结果分析,单季水稻地上部各处理平均钾吸收量约为小麦的 2.6 倍,这与稻麦的生物量差异有关;从不同部位钾吸收量比较,水稻秸秆吸收量约为籽粒的 3 倍,而小麦几乎达到 5 倍;另从各施钾处理与不施钾对照处理相比,水稻和小麦籽粒平均吸钾量分别较对照处理高 13.21% 和 15.48%,稻麦秸秆更是分别高出 38.84% 和 56.38%。说明增施钾肥确实促进了稻麦对钾的吸收,其中秸秆吸钾比例更高,尤其是小麦。

本试验水稻秸秆的平均产量约为小麦的 1.3 倍,而吸钾量约为小麦的 2.4 倍,说明水稻秸秆还田能更多替代钾肥,节约钾资源。

表 4 施钾量对稻麦钾吸收的影响(kg/hm²)
Table 4 Effects of K application rates on K uptake in rice and wheat

处理	水稻			小麦			稻麦合计
	籽粒	秸秆	合计	籽粒	秸秆	合计	
K0	43.64	116.53	160.17	11.90	43.80	55.70	215.87
K1	48.24	157.63	205.87	13.21	58.85	72.06	277.93
K2	46.80	159.02	205.82	14.23	67.92	82.15	287.97
K3	44.53	171.74	216.27	13.10	68.73	81.83	298.10
K4	58.05	158.76	216.81	14.43	78.48	92.91	309.72

2.5 施钾量对钾表观平衡和钾肥利用率的影响

不同处理钾表观平衡结果(表 5)表明,随着钾肥投入的增加,水稻和小麦吸收产出的钾量也明显呈上升趋势;水稻收获后各处理钾素均出现亏缺,但随着施钾量的提高,钾素亏缺程度减轻,由不施钾对照处理每公顷-192.94 kg 减少到最高施钾量的-69.17 kg;当施钾量在 90 kg/hm²(当地常规用量)以下时,小麦收获后的钾素同样出现亏缺,而增加 30%~60% 钾肥投入后,钾素开始相应盈余。稻麦累计钾吸收产出,随着施钾量提高而加大;同时各处理钾素仍然亏缺,主要是由于水稻产量明显高于小麦,而小麦高钾处理

钾素赢余不足以填补水稻试验后钾素的亏缺,但却明显随施钾量增加而减少,这也在一定程度上缓解了钾素的亏缺程度。

应用差减法计算出稻麦钾肥利用率结果(表 5)可知,水稻钾肥利用率随着施钾量增多呈明显下降趋势(65.54%→35.54%),这与部分前人研究结果一致^[2,8,12],而小麦无明显升降趋势;即便如此,稻麦两季合计,钾肥利用率仍随着施钾量增多呈明显下降趋势(50.85%→33.65%)。这与水稻产出生物量和钾摄入量明显多于小麦,占合计数值权重大,在轮作系统中起主导作用有关。

表 5 不同处理稻麦轮作周期钾表观平衡和钾肥利用率
Table 5 K apparent balance and K fertilizer utilization efficiency in different treatments under rice-wheat rotation

处理	钾表观平衡 (K ₂ O, kg/hm ²)									钾肥利用率(%)		
	水稻			小麦			稻麦合计			水稻	小麦	稻麦合计
	投入	产出	平衡	投入	产出	平衡	投入	产出	平衡			
CK	0	192.94	-192.94	0	67.10	-67.10	0	260.04	-260.04	-	-	-
K ₁	84	247.99	-163.99	63	86.80	-23.80	147	334.79	-187.79	65.54	31.27	50.85
K ₂	120	247.93	-127.93	90	98.96	-18.96	210	346.89	-136.89	45.83	35.40	41.36
K ₃	156	260.52	-104.52	117	98.57	+11.76	273	359.09	-85.77	43.32	26.90	36.28
K ₄	192	261.17	-69.17	144	111.92	+32.08	336	373.09	-37.09	35.54	31.13	33.65

3 结论

(1) 施用钾肥可明显增加稻麦产量,随着施钾量的提高,稻麦产量也随之增加。各处理水稻穗粒数基本与施钾量增加趋势一致,而小麦有效穗数和稻麦千粒重均明显随施钾量增加呈上升趋势。说明水稻产量主要取决于穗粒数和千粒重,而小麦主要取决于有效穗数和千粒重。

(2) 随着施钾量的增加,水稻的钾肥效率也随之提高,但当施钾量达到 192 kg/hm²时,水稻的钾肥效率却明显降至最低;而小麦随着施钾量的增加,钾肥效率随之下降。稻麦施钾的收益差异与钾肥效率变化趋势一致。水稻各处理经济系数(经济产量/生物产量)平均约为 0.52;小麦约为 0.41。从施钾效率和净增收入等方面综合比较,水稻增施钾肥较小麦增产潜力更大,也更加经济实惠,稻麦轮作制下钾肥应向水稻倾斜。

(3) 稻麦籽粒氮、磷吸收量均高于秸秆,秸秆钾吸收量均高于籽粒。水稻地上部氮、磷、钾吸收量均高于小麦,钾吸收差异尤为明显;随着施钾量的增加,水稻和小麦地上部钾和氮吸收量基本呈上升趋势。说明钾、氮交互作用促进了稻麦氮的吸收。本试验水稻

秸秆的平均产量约为小麦的 1.3 倍,而吸钾量约为小麦的 2.4 倍,说明水稻秸秆还田能更多替代钾肥,节约钾资源。

(4) 随着钾肥投入的增加,水稻和小麦吸钾量也明显呈上升趋势。水稻收获后各处理钾素均出现亏缺,但随着施钾量的提高,钾素亏缺程度减轻;当小麦施钾量(K₂O)达到 117 kg/hm²时,钾素出现相应盈余。稻麦累计各处理钾素的亏缺,明显随施钾量增加而减少。水稻钾肥利用率随着施钾量增多有显著下降趋势;小麦则无明显升降趋势。

综上所述,稻麦轮作制下,钾肥施用应合理运筹,从保证稻麦高产、高效,维持土壤钾素肥力考虑,水稻施钾 156 kg/hm²、小麦施钾 117 kg/hm²处理效益最佳,可作为类似生产条件农区的钾肥推荐用量。

参考文献:

[1] 刘枫,何传龙,王道中,王本豹. 江淮丘陵区水稻钾、氮吸收特性与施钾效应研究[J]. 土壤通报, 2006, 37(2): 314-317
[2] 谢建昌,周建民, Hårdter R. 钾与中国农业[M]. 南京: 河海大学出版社, 2000
[3] 刘枫,王允清,刘英,钱国平. 安徽省土壤钾素供应状况与钾肥效应分析[J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 205-208

- [4] 王亚艺, 鲁剑巍, 肖荣英, 李小坤. 湖北省两个生态区水稻施钾效果及农田钾素平衡研究[J]. 土壤, 2010, 42(3): 473-478
- [5] 肖荣英, 王富华, 张冲. 江汉平原区水稻-油菜轮作制中氮钾肥效应及氮钾养分平衡研究[J]. 广东农业科学, 2011(19): 9-12
- [6] 王宜伦, 杨素芬, 韩燕来, 李青松, 谭金芳. 钾肥运筹对砂质潮土冬小麦产量、品质及土壤钾素平衡的影响[J]. 麦类作物学报, 2008, 28(5): 861-866
- [7] 武际, 郭熙盛, 王允青, 黄晓荣. 钾肥运筹对小麦氮素和钾素吸收利用及产量和品质的影响[J]. 土壤, 2008, 40(5): 777-783
- [8] 张祥明, 郭熙盛, 李霞红, 王玉军, 孙如银, 李福军. 钾肥运筹对中籼稻产量、钾素积累利用的影响[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(31): 15 207-15 209
- [9] 于振文, 梁晓芳, 李延奇, 王雪. 施钾量和施钾时期对小麦氮素和钾素吸收利用的影响[J]. 应用生态学报, 2007, 18(1): 69-74
- [10] 肖荣英, 李传保, 李文西. 鄂东南区水稻-油菜轮作制中钾肥效应及钾素平衡研究[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(11): 2 190-2 193
- [11] 张翔, 毛家伟, 王守刚, 郭中义. 河南主要土类玉米小麦轮作制下施用钾肥效应研究[J]. 中国土壤与肥料, 2009(1): 20-22
- [12] 廖育林, 郑圣先, 黄建余, 聂军, 谢坚, 向艳文. 施钾对湖南主要双季稻区钾肥效应及钾素平衡的影响[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2007, 3(6): 754-759
- [13] 廖育林, 郑圣先, 黄建余, 聂军, 谢坚, 向艳文. 施钾对缺钾稻田土壤钾肥效应及土壤钾素状况的影响[J]. 中国农学通报, 2008, 24(2): 255-260
- [14] 李小坤, 鲁剑巍, 吴礼树. 水旱轮作体系中的钾素循环与平衡[A] // 中国土壤学会第十一届全国会员代表大会暨第七届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会论文集(下). 土壤科学与生态安全和环境健康[C]. 2008 327-333
- [15] 朱培立, 黄东迈, 余晓鹤, 王家骥, 储国良, 顾志权. 稻麦轮作制中的钾肥运筹效益[J]. 江苏农业学报, 2000, 16(2): 105-110
- [16] 魏文, 武际, 张祥明, 郭熙盛. 麦稻轮作制下磷肥-钾肥合理分配技术研究[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(21): 12 730-12 731, 12 743
- [17] 熊明彪, 舒芬, 宋光煜, 石孝均, 毛知耘. 施钾对紫色水稻麦产量及土壤钾素状况的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 274-279
- [18] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 中国农业出版社, 2000: 99-110, 263-271
- [19] 黄建余, 陈公贤, 聂军. 洞庭湖区稻-稻连作制中钾肥效应及钾素平衡研究[J]. 湖南农业科学, 2004(5): 13-15, 37
- [20] Hong H, Wang GH. Nutrient uptake and use efficiency of irrigated rice in response to potassium application[J]. Pedosphere, 2004, 14(1): 125-130
- [21] 谭德水, 金继运, 黄绍文. 长期施钾与秸秆还田对华北潮土和褐土区作物产量及土壤钾素的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(1): 106-112
- [22] 孙星, 刘勤, 王德建, 张斌. 长期秸秆还田对土壤肥力质量的影响[J]. 土壤, 2007, 39(5): 782-786
- [23] 武际, 郭熙盛, 王允青, 张祥明. 不同氮-钾水平对小麦产量和氮-钾养分吸收利用的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(24): 11 469-11 470, 11 472
- [24] 赵学强, 介晓磊, 李有田, 许仙菊, 谭金芳, 化党领. 不同基因型小麦钾离子吸收动力学分析[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(3): 307-312

Study on Potassium Strategy to Maintain Crop High Yield and Potassium Balance in Cropland Under Rice-wheat Rotation Systems

LIU Feng¹, WU Chuan-zhou², ZHU Ke-bao², XI Bo², HAN Wei-dong²

(1 *Soil and Fertilizer Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China;*

2 *Agricultural Technology Center in Wuhu County, Wuhu, Anhui 241100, China*)

Abstract: A field experiment under the rice-wheat rotation was conducted in Plain along the Yangtze River in Anhui. The results indicated that the yields of rice and wheat were enhanced with the increasing of potassium rate, whereas the yields decreased with excessive potassium fertilizer application. Except for the highest potassium rate treatment, potassium fertilizer efficiency of rice was also enhanced with the increase of potassium fertilizer, while there was an opposite trend for wheat compared with rice. Moreover, the difference of potassium fertilizer income exhibited a similar trend in potassium fertilizer efficiency under the rice-wheat rotation system. K absorption in aerial part increased with the improvement of potassium fertilizer rate. N and P absorption in grain for all the treatments under the rice-wheat rotation system was significantly higher than the straw whereas there was higher K absorption in straw compared with grain. With the improvement of potassium fertilizer, the absorption of straw and grain for rice and wheat exhibited a significantly increasing trend. In addition, potassium for all treatments in the farmland system showed a deficit after rice harvesting. However, the deficit was mitigated with the increasing of potassium rate. Moreover, potassium in the farmland exhibited a surplus pattern in the wheat growing season when the application rate of potassium was more than 117 kg/hm². The potassium fertilizer efficiency showed an obvious decreasing trend with the increase of potassium rate. Therefore, it was preliminarily concluded that the application rate of potassium 156 kg/hm² and 117 kg/hm² for rice and wheat respectively was a prefer choice for fertilization strategy in order to guarantee high yield and maintain soil potassium fertility in the similar regions.

Key words: Rice, Wheat, Yield, Potassium efficiency, Potassium balance