

# 水稻施钾效果及钾肥利用率的区域评价

王伟妮<sup>1</sup> 鲁剑巍<sup>1</sup> 鲁明星<sup>2</sup> 李小坤<sup>1</sup>

(1 华中农业大学资源与环境学院, 湖北 武汉 430070; 2 湖北省土壤肥料工作站, 湖北 武汉 430070)



**摘要:** 2006至2010年,通过在湖北省18个县(市、区)布置多点田间肥效试验,从区域角度研究在当前生产条件下施用钾肥对早、中、晚稻产量及其构成因素的影响,分析当前水稻生产中的钾肥吸收和利用状况。结果表明,在氮、磷肥的基础上,早、中、晚稻施用钾肥的增产率平均分别为47.7%、45.3%和46.1%,增产率平均分别为12.6%、9.6%和12.0%,钾肥对产量的贡献率平均分别为10.8%、8.2%和10.3%。结果说明,当前生产条件下,高产水稻生产必须依赖钾肥的施用。分析施钾增产原因,结果表明,施钾对早稻主要是增加了单位面积有效穗数,对中稻主要是同时增加单位面积有效穗数和每穗粒数,而对晚稻主要是增加每穗粒数和提高结实率。施用钾肥促进了水稻总吸钾量及百千克籽粒吸钾量的提高,但钾素收获指数因施钾而下降。在当前生产条件和推荐施钾量水平下,早、中、晚稻百千克籽粒吸钾( $K_2O$ )量平均分别为2.96、3.45和2.72公斤,钾肥( $K_2O$ )农学利用率平均分别为9.6、8.2和7.2公斤/公斤,偏生产力平均分别为92.3、101.5和75.4公斤/公斤,吸收利用率平均分别为47.1%、53.8%和46.3%,生理利用率平均分别为21.1、24.1和23.7公斤/公斤。结果表明,早、中、晚稻对钾素的吸收和利用各不相同,在农业生产中应根据不同类型水稻对钾肥的反应采取相应的措施,实现钾肥的区域化合理配置及调控。

**关键词:** 钾肥; 产量; 钾肥利用率; 早稻; 中稻; 晚稻

钾作为植物必需的营养元素之一,参与植物体内的一系列生理生化过程,在植物生长、代谢、酶活性调节和渗透调节中发挥着重要作用。水稻是需钾量较大的作物,高产杂交水稻每年对钾的吸收量可达17~20公斤/亩<sup>[1]</sup>。长期以来,随着高产水稻品种的推广应用,水稻产量和复种指数的提高以及氮、磷肥用量的加大,水稻从土壤中带走的钾素大大增加。稻田土壤钾素亏缺已成为我国南方地区影响水稻产量和品质的主要限制因素之一<sup>[2]</sup>,又因我国钾矿资源相当缺乏,故研究如何通过合理施用钾肥,提高水稻产量和钾肥的利用效率具有重要的理论和实践意义,前人

也已就此做了大量研究<sup>[3-5]</sup>。但这些研究主要是针对某一田块的单个试验开展的,因水稻品种、钾肥用量、土壤肥力水平及水分管理等的不同,结论不尽一致。因此,对大区域范围内水稻生产中钾肥的利用状况缺乏一个系统的认识,难以进行区域性的钾肥调控。本研究于2006年至2010年在湖北省18个县(市、区)分别布置早、中、晚稻田田间肥效试验,研究在当前生产条件下施用钾肥对水稻产量及其构成因素的影响,明确水稻的钾肥利用率情况,以期为区域性的钾肥合理配置及调控提供依据。

# 1 材料与方**法**

## 1.1 试验概况

2006年至2010年在湖北省团风、浠水、武穴、黄梅、黄陂、大冶、鄂州、孝昌、天门、仙桃、洪湖、荆州、荆门、赤壁、麻城、安陆、曾都、沙洋共18个县(市、区)布置多点水稻田间试验,获得大量试验结果。本研究所用数据共涉及231

个试验,其中早稻试验38个,中稻试验143个,晚稻试验50个。供试土壤基本养分性状见表1。

早稻供试品种主要有金优402、鄂早18、中优974、原丰1号等;中稻供试品种主要有II优838、两优培九、扬两优6号、岗优725等;晚稻供试品种主要有中九优288、鄂晚17、金优928、金优207等。早稻试验前茬作物为晚稻或油菜,中稻前茬为油菜,晚稻前茬为早稻。

表1 供试土壤基本养分性状

水稻类型	项目	pH	有机质 (克/公斤)	碱解氮 有效磷 速效钾 (毫克/公斤)		
				碱解氮	有效磷	速效钾
早稻 (n=38)	变幅	4.7~7.2	15.3~52.2	98.6~195.3	4.2~60.2	25.4~119.6
	均值	5.8±0.6	28.3±9.1	141.0±29.8	15.7±12.3	71.5±28.4
中稻 (n=143)	变幅	4.8~8.1	7.0~55.2	10.8~233.0	1.3~62.4	26.6~263.2
	均值	6.5±0.9	28.0±9.4	125.4±44.0	15.2±9.8	102.9±46.1
晚稻 (n=50)	变幅	4.9~7.6	14.3~56.4	49.0~181.3	1.2~40.1	10.9~276.1
	均值	5.8±0.7	32.2±10.5	123.9±29.5	11.9±9.0	66.3±53.5

## 1.2 试验设计

231个试验的试验设计及施肥处理不完全一致,本研究只利用每个试验的其中两个处理,分别为NP(不施钾)处理和NPK(施钾)处理,同一试验的两个处理施用等量的氮肥和磷

肥。各试验的氮、磷、钾肥用量均是在综合考虑当地土壤养分含量、稻谷目标产量及农民习惯施肥水平下确定的(即推荐施肥量),所有试验点的肥料用量汇总如表2所示。氮肥用尿素(含

表2 早、中、晚稻的施肥量(公斤/亩)

水稻类型	处理	K <sub>2</sub> O		N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
		变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值
早稻 (n=38)	NP	--	--	10.0~12.0	11.1±0.7	3.0~6.0	4.9±0.7
	NPK	3.0~9.0	5.9±2.6	10.0~12.0	11.1±0.7	3.0~6.0	4.9±0.7
中稻 (n=143)	NP	--	--	9.0~14.0	11.8±1.3	3.0~6.0	4.5±0.7
	NPK	2.3~15.0	6.9±3.1	9.0~14.0	11.8±1.3	3.0~6.0	4.5±0.7
晚稻 (n=50)	NP	--	--	10.0~13.0	11.2±0.7	2.0~5.0	3.6±0.8
	NPK	3.0~12.0	6.8±2.4	10.0~13.0	11.2±0.7	2.0~5.0	3.6±0.8

N46%)，磷肥用过磷酸钙(含 $P_2O_5$ 12%)，钾肥用氯化钾(含 $K_2O$ 60%)。其中氮肥60%作基肥，40%作追肥(均分两次追施)，磷、钾肥全作基肥。试验小区面积20平方米，3次重复。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 土壤养分性状的测定

水稻移栽前，各试验取表层(0~20厘米)土壤样品测定pH、有机质、碱解氮、有效磷和速效钾含量。土壤pH用电位法，有机质用外加热重铬酸钾容量法，碱解氮用碱解扩散法，有效磷用碳酸氢钠-浸提-钼锑抗比色法，速效钾用醋酸铵浸提-火焰光度法进行测定<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.2 考种与测产

各小区于水稻成熟期取6~10蔸(不同试验有所不同，同一试验两个处理取样蔸数相同)进行考种，除去边行后实收测产。

#### 1.3.3 植株全钾的测定

在水稻成熟期，对部分有代表性的试验进行植株取样，其中早、中、晚稻进行取样的试验个数分别为20、44和15个。取样后分稻谷和稻草分别烘干、粉碎、过筛，采用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消化，火焰光度计测定植株全钾含量<sup>[6]</sup>。

#### 1.3.4 有关参数的计算<sup>[4]</sup>

钾肥贡献率(%)=(施钾区产量-无钾区产量)/施钾区产量×100%；

总吸钾量(公斤/亩)=收获期单位面积地上部干物重×植株含钾量；

百千克籽粒吸钾量(公斤)=植株总吸钾量/稻谷产量×100；

钾素收获指数=稻谷吸钾量/植株总吸钾量；

钾肥农学利用率(公斤/公斤)=(施钾区产量-无钾区产量)/施钾量；

钾肥偏生产力(公斤/公斤)=施钾区产量/施钾量；

钾肥吸收利用率(%)=(施钾区植株总吸钾量-无钾区植株总吸钾量)/施钾量×100%；

钾肥生理利用率(公斤/公斤)=(施钾区产量-无钾区产量)/(施钾区植株总吸钾量-无钾区植株总吸钾量)。

#### 1.3.5 数据分析

数据统计分析和作图利用SPSS Statistics 17.0数据处理软件和Microsoft Excel 2003。

## 2 结果与分析

### 2.1 施钾对早、中、晚稻产量及其构成因素的影响

#### 2.1.1 施钾对产量的影响

本研究231个试验中有5个中稻试验和1个晚稻试验施钾后稻谷减产。统计分析时若保留这6个试验，143个中稻试验和50个晚稻试验的施钾增产量平均分别为43.1和44.8公斤/亩，增产率平均分别为9.2%和11.7%，钾肥贡献率平均分别为7.8%和10.0%，这与删除6个试验后得到的结果很接近(表3)。因此，为得到更合理的结果，在分析施钾效果时剔除了这6个试验。由表3可见，NP处理的稻谷产量变幅在163.0~751.0公斤/亩之间，NPK处理的产量变幅在187.0~775.7公斤/亩之间，说明早稻、中稻和晚稻在不同试验点的产量差异较大，

但在氮、磷肥的基础上施用钾肥对3种类型水稻均有较明显的增产效果。水稻在不同试验点的施钾增产效果差异也较大，3种类型水稻增产量最低仅为1.0公斤/亩，最高可达203.0公斤/亩；增产率最低仅为0.2%，最高可达56.0%；钾肥对产量的贡献率最低仅为0.2%，最高可达

35.9%。3种类型水稻施钾增产量平均为45.9公斤/亩，增产率平均为10.6%，钾肥贡献率平均为9.1%。总的来说，虽然早、中、晚稻施钾增产量的平均值比较接近，但早、晚稻的增产率及钾肥贡献率明显高于中稻。

表3 施钾对早、中、晚稻产量的影响

水稻类型	处理	产量(公斤/亩)		增产量(公斤/亩)		增产率(%)		钾肥贡献率(%)	
		变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值
早稻 (n=38)	NP	283.3~553.3	391.6±61.4	--	--	--	--	--	--
	NPK	312.0~585.0	439.3±63.1	6.7~104.4	47.7±27.0	1.6~35.3	12.6±7.7	1.6~26.1	10.8±5.8
中稻 (n=138)	NP	316.7~751.0	510.0±81.5	--	--	--	--	--	--
	NPK	350.0~775.7	555.3±77.5	1.0~203.0	45.3±35.8	0.2~56.0	9.6±9.2	0.2~35.9	8.2±6.6
晚稻 (n=49)	NP	163.0~642.0	406.5±91.7	--	--	--	--	--	--
	NPK	187.0~710.0	452.6±97.2	5.0~123.3	46.1±29.0	1.1~38.5	12.0±8.0	1.1~27.8	10.3±6.0

图1A表明，早、中、晚稻的施钾增产量均主要集中在20~70公斤/亩，在此区间的比例分别占60.5%、55.1%和71.4%，增产量超过70公斤/亩的试验分别占26.3%、17.4%和13.7%。从图1B可以看出，早稻施钾增产率主要集中在7%~20%区间，占52.6%；中稻主要集中在4%~12%区间，占50.0%；晚稻则主要集中在

7%~15%区间，占51.0%；另外，3种类型水稻增产率大于20%的试验分别有21.1%、9.4%和16.3%。分析图1C发现，早、中、晚稻钾肥贡献率分别主要集中在6%~15%、4%~10%和7%~13%，且分别有26.3%、12.3%和16.3%的试验钾肥贡献率大于15%。

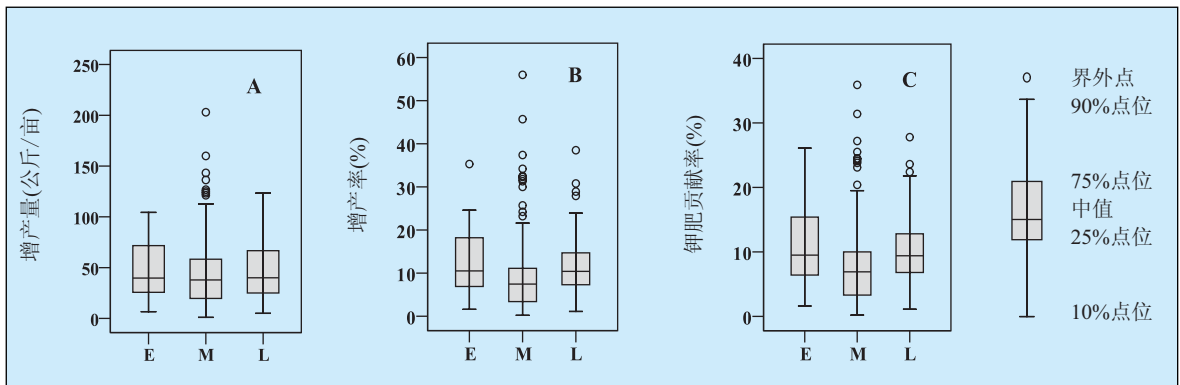


图1 早、中、晚稻施钾增产量、增产率和钾肥贡献率分布图(图中符号及线条的具体注释在图的右侧)

注：E—早稻；M—中稻；L—晚稻。

### 2.1.2 施钾对产量构成因素的影响

从表4可以看出,在氮、磷肥的基础上,施用钾肥早稻和中稻单位面积有效穗数分别增加 $1.3 \times 10^4$ /亩和 $0.6 \times 10^4$ /亩,而晚稻的单位面积有效穗数基本不变。对于每穗粒数来说,施用钾肥后中稻和晚稻分别增加4.7和1.6,而早稻变化不大。与NP处理相比,早、中、晚稻NPK

处理的结实率分别提高0.6%、0.6%和1.7%。但是,钾肥对3种类型水稻的千粒重均无明显影响。可见,水稻施钾后产量的提高,早稻主要是由于单位面积有效穗数增加所致,中稻主要是由于单位面积有效穗数和每穗粒数增加所致,晚稻则主要由于每穗粒数增加和结实率提高所致。

表4 施钾对早、中、晚稻产量构成因素的影响

水稻类型	处理	有效穗数( $\times 10^4$ /亩)	每穗粒数(粒)	结实率(%)	千粒重(克)
早稻(n=38)	NP	22.3 $\pm$ 4.7	101.1 $\pm$ 25.4	72.0 $\pm$ 13.9	25.3 $\pm$ 1.4
	NPK	23.6 $\pm$ 5.4	101.6 $\pm$ 17.1	72.6 $\pm$ 13.7	25.1 $\pm$ 1.5
中稻(n=138)	NP	15.6 $\pm$ 2.5	164.3 $\pm$ 35.6	80.9 $\pm$ 10.1	27.3 $\pm$ 2.4
	NPK	16.2 $\pm$ 3.0	169.0 $\pm$ 43.2	81.5 $\pm$ 9.9	27.5 $\pm$ 2.5
晚稻(n=49)	NP	16.3 $\pm$ 4.9	140.6 $\pm$ 30.4	78.3 $\pm$ 9.4	25.2 $\pm$ 2.9
	NPK	16.3 $\pm$ 4.5	142.2 $\pm$ 29.6	80.0 $\pm$ 7.8	25.2 $\pm$ 2.9

## 2.2 早、中、晚稻的钾肥吸收与利用效率

### 2.2.1 施钾对钾素吸收的影响

与NP处理相比,早、中、晚稻NPK处理的总吸钾( $K_2O$ )量分别平均提高2.7、3.1和3.6公斤/亩,百千克籽粒吸钾( $K_2O$ )量分别平均提高0.47、0.34和0.59公斤(表5),说明施用钾肥可以明显促进植株对钾素的吸收。施用钾肥后,早、中、晚稻的钾素收获指数平均分别下降0.02、0.01和0.05,表明施钾降低了钾素在稻谷中的比例,提高了其在稻草中的比例。3种类型水稻的钾素收获指数在0.12~0.20之间,即水稻吸收的钾有12%~20%在籽粒中,80%~88%在茎秆中。另外,无论施钾与否,中稻的总吸钾量和百千克籽粒吸钾量均高于早、晚稻,而其钾素收获指数低于早、晚稻。这说

明相对于早稻和晚稻,中稻的全生育期最长,产量最高,需要吸收更多的钾,且生产单位稻谷产量需要的钾也相对最多,但其吸收的钾素更多的积累在茎秆中而非籽粒中。

### 2.2.2 钾肥利用效率

由表6可见,目前3种类型水稻钾肥( $K_2O$ )农学利用率的变幅在0.1~50.7公斤/公斤之间,平均值大约在7~10公斤/公斤左右,且表现为早稻>中稻>晚稻。钾肥( $K_2O$ )偏生产力的变幅在31.5~321.8公斤/公斤之间,平均值大约在75~100公斤/公斤之间,其中中稻因其产量最高,故其偏生产力相对最高;而早稻因其施钾量较低,故其钾肥偏生产力也高于晚稻。钾肥( $K_2O$ )吸收利用率的变幅在2.5%~107.9%之间,

表5 施钾对早、中、晚稻钾素吸收的影响

水稻类型	处理	总吸钾量 (公斤 / 亩)		百千克籽粒吸钾量 (公斤)		钾素收获指数	
		变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值
早稻 (n=20)	NP	5.2~14.0	9.7±2.7	1.80~3.42	2.49±0.46	0.11~0.24	0.16±0.03
	NPK	5.9~16.8	12.4±2.7	1.88~3.74	2.96±0.47	0.10~0.19	0.14±0.02
中稻 (n=44)	NP	6.1~26.5	15.8±4.8	1.45~4.53	3.11±0.66	0.09~0.20	0.13±0.03
	NPK	8.3~29.4	18.9±4.8	1.89~4.62	3.45±0.62	0.07~0.17	0.12±0.02
晚稻 (n=15)	NP	3.6~16.4	8.2±3.8	1.07~3.19	2.13±0.55	0.11~0.34	0.20±0.07
	NPK	5.4~21.0	11.8±4.5	1.80~3.44	2.72±0.48	0.10~0.21	0.15±0.03

表6 早、中、晚稻的钾肥利用率

水稻类型	钾肥农学利用率		钾肥偏生产力 (公斤 / 公斤)		钾肥生理利用率		钾肥吸收利用率 (%)	
	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值
早稻 (n=38/20)	0.7~30.0	9.6±6.8	38.9~195.0	92.3±47.2	2.2~93.5	21.1±25.1	6.0~107.9	47.1±31.7
中稻 (n=138/44)	0.1~50.7	8.2±8.4	31.6~321.8	101.5±55.3	0.5~98.8	24.1±27.6	2.5~107.6	53.8±33.6
晚稻 (n=49/15)	1.3~24.8	7.2±4.9	31.5~160.2	75.4±30.3	1.8~101.9	23.7±26.8	3.6~98.4	46.3±30.0

注：表中钾肥农学利用率和钾肥偏生产力进行统计分析时所用样本数一致，早、中、晚稻分别为 38、138 和 49 个；钾肥吸收利用率和钾肥生理利用率进行统计分析时所用样本数一致，早、中、晚稻分别为 20、44 和 15 个。

平均值大约在 46%~54% 之间，大小顺序表现为中稻 > 早稻 ≈ 晚稻。钾肥 (K<sub>2</sub>O) 生理利用率的变幅在 0.5~101.9 公斤 / 公斤之间，平均值大约在 21~24 公斤 / 公斤之间，表明在当前生产条件下，水稻体内每积累 1 公斤肥料 K<sub>2</sub>O 可增收 21~24 公斤稻谷。

从图 2A 可以看出，早稻施钾后的百千克籽粒吸钾 (K<sub>2</sub>O) 量主要集中在 2.7~3.3 公斤之间，占 45.0%；中稻主要集中在 3.0~4.0 公斤之间，占 56.8%；晚稻主要集中在 2.4~3.0 公斤之间，占 46.7%。分析图 2B 发现，水稻在不同试验点

的钾肥农学利用率差异较大，其中中稻在不同试验点的变幅最大，而晚稻的变幅相对最小。早、中、晚稻钾肥农学利用率均主要集中在 4~13 公斤 / 公斤之间，在此区间的比例分别为 55.3%、44.2% 和 65.3%，且分别有 13.2%、13.8% 和 6.1% 的试验钾肥农学利用率大于 15 公斤 / 公斤。图 2C 中，早、中、晚稻钾肥吸收利用率分别主要集中在 20%~60%、20%~80% 和 20%~70% 区间，且 3 种类型水稻分别有 20.0%、27.3% 和 20.0% 的试验钾肥吸收利用率大于 80%。

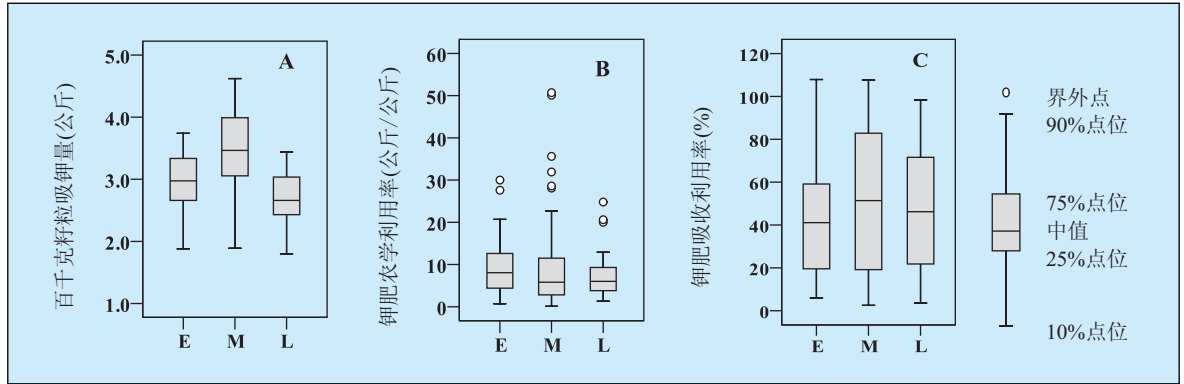


图2 早、中、晚稻施钾处理的百千克籽粒吸钾量、钾肥农学利用率和吸收利用率分布图（图中符号及线条的具体注释在图的右侧）

注：E-早稻；M-中稻；L-晚稻。

### 3 讨论与结论

#### 3.1 早、中、晚稻施钾增产效应现状

大量研究表明，合理施用钾肥能够增加水稻产量<sup>[4-5]</sup>。本研究的结果也证实了这一点，早、中、晚稻231个试验中，除5个中稻试验和1个晚稻试验因施用钾肥而导致减产，其余225个试验的产量结果均表现为： $NPK > NP$ ，即在施用氮、磷肥的基础上，早、中、晚稻施用适量钾肥后的产量都有不同程度的增加。3种类型水稻对钾肥投入的反应因水稻季别、品种、土壤肥力及气候条件等因素影响而差异很大。早、中、晚稻施钾增产量平均分别为47.7、45.3和46.1公斤/亩，增产率平均分别为12.6%、9.6%和12.0%，钾肥贡献率平均分别为10.8%、8.2%和10.3%。

水稻产量是由单位面积有效穗数、每穗粒数、结实率及千粒重4个因素构成的，钾肥对以上产量构成因素的影响在不同的研究中结论不

同。有的研究认为施钾可以增加单位面积有效穗数和每穗粒数，提高结实率，而对千粒重无明显影响<sup>[3]</sup>；有的则认为钾肥对单位面积有效穗数、每穗粒数及千粒重均有显著影响<sup>[7]</sup>。本研究在多年多点田间试验的基础上，发现在氮、磷肥的基础上，施用钾肥后，早稻产量的提高主要是由于单位面积有效穗数增加所致；中稻产量的提高主要是由于单位面积有效穗数和每穗粒数增加所致；晚稻产量的提高则主要是由于每穗粒数增加和结实率提高所致。这说明，钾肥对不同类型水稻产量构成因素的影响是不同的，分析原因可能与3种类型水稻生长期间的环境温度不同有关，而温度又是影响水稻生长的一个重要因素。有学者指出，分蘖期气温低于17℃，水稻秧苗伸长会受到抑制，分蘖少，成穗率低<sup>[8]</sup>；而抽穗期的低温又会导致水稻结实率下降<sup>[9]</sup>。3种类型水稻分蘖期的温度表现为早稻 < 中稻 < 晚稻，幼穗分化期和抽穗期的温度则为晚稻 < 早稻 < 中稻。钾作为抗逆元素，可以在一定程度上减轻



低温和高温对作物生长产生的不利影响。本研究认为,钾肥施用后,缓解了低温条件下早稻分蘖成穗率低和晚稻结实率低的问题。因此,与不施钾相比,早稻施钾主要提高了单位面积有效穗数,而晚稻主要提高了每穗粒数和结实率,即穗实粒数。

### 3.2 早、中、晚稻钾肥吸收、利用效率现状

水稻对钾素的吸收、利用受水稻季别<sup>[3]</sup>、水稻品种<sup>[3-4]</sup>、土壤理化性状<sup>[10]</sup>、施肥量<sup>[4]</sup>、施肥方法<sup>[4]</sup>、气候条件及水分管理等的影 响。本研究是在模糊其他影响因素的基础上,按季别将水稻分为早稻、中稻和晚稻,从区域角度探讨目前生产条件下3种类型水稻对钾肥的吸收利用情况。结果表明,在氮、磷肥的基础上,施用钾肥不仅可以提高水稻产量,也可提高植株总吸钾量,说明水稻产量越高对钾素的需求量相应地也越高。不施钾时,早、中、晚稻的百千克籽粒吸钾( $K_2O$ )量平均分别为2.49、3.11和2.13公斤,施钾时平均分别提高到2.96、3.45和2.72公斤。

本研究通过在湖北省布置多年多点田间肥效试验,发现在当前生产条件下,水稻钾肥( $K_2O$ )农学利用率平均为8.2公斤/公斤,偏

生产力平均为94.3公斤/公斤,吸收利用率平均为50.7%,生理利用率平均为23.3公斤/公斤。张福锁等通过对全国108个试验的结果分析发现,我国目前水稻钾肥( $K_2O$ )农学利用率平均为6.3公斤/公斤,偏生产力平均为98.5公斤/公斤,吸收利用率平均为32.4%,生理利用率平均为19.4公斤/公斤<sup>[11]</sup>。可见,目前湖北省水稻生产中的钾肥农学利用率、吸收利用率及生理利用率都明显高于全国的平均水平,原因可能是因为本研究中土壤的供钾水平低于全国平均水平,因而施钾效果较好。

钾肥吸收利用率也就是作物对施入土壤中的肥料钾的回收效率,反映了作物对肥料钾的吸收状况<sup>[11]</sup>。本研究发现,早稻和中稻分别有10.0%和6.8%的试验钾肥吸收利用率大于或等于100%,说明水稻吸收的钾素远远大于化肥提供的钾素,因此必须从土壤中吸收部分钾素。相似的结果在有关小麦肥料利用率的研究中也出现过<sup>[12]</sup>。出现这种现象的原因,一方面可能是因为施用钾肥提高了土壤速效钾和缓效钾在土壤全钾中的比例,即施钾提高了土壤的供钾能力,促进了作物对土壤钾素的吸收;另一方面就是我们在用通用的差减法来计算钾肥吸收利用率时,低估了作物施钾后从土壤中吸收的钾量。



## 参考文献

- [1] Dedatta S K, Gomez K A, Descalsota J P. Changes in yield response to major nutrients and in soil fertility under intensive rice cropping [J]. *J. Soil Sci.*, 1988, 146: 350–358.
- [2] 陈 防, 万开元, 陈树森, 等. 中国南方钾素研究进展与展望 [A]. 周健民, Magen H. 土壤钾素动态与钾肥管理 [C]. 南京: 河海大学出版社, 2008, 99–104.
- [3] 胡 泓, 王光火. 钾肥对杂交水稻养分积累以及生理效率的影响 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2003, 9(2): 184–189.
- [4] 王强盛, 甄若宏, 丁艳锋, 等. 钾肥用量对优质粳稻钾素积累利用及稻米品质的影响 [J]. *中国农业科学*, 2004, 37(10): 1444–1450.
- [5] 张玉屏, 曹卫星, 朱德峰, 等. 红壤稻田钾肥施用量对超级稻生长及产量的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2009, 23(6): 633–638.
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000, 30–107.
- [7] 丁玉川, 罗 伟, 徐国华. 镁、钾营养及其交互作用对水稻产量、产量构成因素和养分吸收的影响 [J]. *水土保持学报*, 2008, 22(3): 178–182.
- [8] 李景蕻, 李刚华, 杨从党, 等. 增加土壤温度对高海拔生态区水稻分蘖成穗及产量形成的影响 [J]. *中国水稻科学*, 2010, 24(1): 36–42.
- [9] 郭萌生, 张红林, 谢勇, 等. 温度条件对杂交中晚稻结实率的影响 [J]. *中国农业气象*, 2008, 29(3): 304–307.
- [10] Yadav R L. Assessing on-farm efficiency and economics of fertilizer N,P and K in rice wheat systems of India [J]. *Field Crops Res.*, 2003, 81: 39–51.
- [11] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径 [J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 915–924.
- [12] 黄绍敏, 宝德俊, 皇甫湘荣, 等. 长期定位施肥小麦的肥料利用率研究 [J]. *麦类作物学报*, 2006, 26(2): 121–126.