

## 勉县水稻钾肥 2+X 肥效试验研究初探

祁海东<sup>1</sup>, 廖理红<sup>2</sup>, 杜旭光<sup>1</sup>, 裴刚<sup>1</sup>, 张兰新<sup>1</sup>

(1. 勉县农业技术推广中心, 陕西 勉县 724200; 2. 勉县新铺镇农业服务站, 陕西 勉县 724200)

**摘要:**水稻钾肥不同施用量及施肥方法田间试验, 是获得水稻最佳施用钾肥数量、施肥时期、施肥方法的根本途径, 也是验证土壤钾素养分供给能力、建立施肥指标体系的基本环节。通过该田间试验确定了水稻钾肥最佳施用量和增产增收效益, 钾肥做底肥施用时,  $K_2O$  最佳施用量  $7.6 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ , 稻谷经济产量  $700.6 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ ; 钾肥做追肥施用时,  $K_2O$  最佳施用量  $9.1 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ , 水稻经济产量  $691.1 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ ; 在氮磷肥施用的前提下, 水稻施用钾肥采取底施或追施, 都具有增产增收效果, 亩增产稻谷  $65.8 \sim 20.7 \text{ kg}$ , 增产率  $10.2\% \sim 3.2\%$ ,  $667 \text{ m}^{-2}$  增收  $138.4 \sim 37.2$  元。

**关键词:**水稻; 钾肥; 不同施用量; 试验

## 1 试验材料和处理设计

## 1.1 试验处理设计

本试验方案是在确定 N、P 施肥量的基础上, 进行钾肥不同施肥量和施肥方法的设计。N、P 肥料采用本地最佳施用量, 分别为每亩施用纯 N10 kg、 $P_2O_5$  6 kg, 各处理 N、P 肥采用相同的施用水水平, 钾肥采用 0 水平、1 水平 ( $3.5 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ )、2 水平 ( $7 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ )、3 水平 ( $10.5 \text{ kg} \cdot 667 \text{ m}^{-2}$ )

四个档次的施肥量, 钾肥施肥方法设计为底施和追施两种方式。试验设计为 7 处理 3 个重复, 试验小区四周设置不小于 2 m 的保护行; 试验小区面积  $15 \text{ m}^2$ , 小区长 5 m、宽 3 m, 小区之间筑底宽 30 cm、高 20 cm 的田埂, 重复之间做独立的进排水沟, 田埂用地膜包裹, 防止小区肥料之间渗透; 插秧密度为行距 30 cm、株距 20 cm, 每小区插秧 10 行, 每行插秧 25 穴, 每小区插秧 250 穴, 每穴插 7~8 个头, 每亩插秧密度为 11 110 穴。(见表 1)

表 1 各小区试验处理设计内容

处理编号	处理方法	处理	N	$P_2O_5$	$K_2O$
			$/(kg \cdot 667 \text{ m}^{-2})$	$/(kg \cdot 667 \text{ m}^{-2})$	$/(kg \cdot 667 \text{ m}^{-2})$
处理 1	空白对照	$N_2P_2K_0$	10	6	0
处理 2	钾肥 1 水平底肥	$N_2P_2K_1$ 底	10	6	底施 3.5
处理 3	钾肥 1 水平追肥	$N_2P_2K_1$ 追	10	6	追施 3.5
处理 4	钾肥 2 水平底肥	$N_2P_2K_2$ 底	10	6	底施 7
处理 5	钾肥 2 水平追肥	$N_2P_2K_2$ 追	10	6	追施 7
处理 6	钾肥 3 水平底肥	$N_2P_2K_3$ 底	10	6	底施 10.5
处理 7	钾肥 3 水平追肥	$N_2P_2K_3$ 追	10	6	追施 10.5

## 1.2 试验肥料

为提高钾肥肥料效应田间试验准确性, 试验氮肥选用四川川化尿素(含 N 46%), 磷肥选用定军山牌普通过磷酸钙(含  $P_2O_5$  12%), 钾肥选用俄罗斯进口氯化钾肥(含  $K_2O$  60%)。肥料运筹: 70% 的氮肥、全部的磷肥做底施, 剩余 30% 的氮肥在插秧后 7~10 d 做追施, 处理 2、4、6 小区的钾肥一次性底施, 处理 3、5、7 小区的钾肥在水稻晒田结束复水时一次性追施。

## 2 试验地基本情况和试验时间

试验安排在新街子镇立集村 3 组董建忠责任田里, 土质蟾土, 前茬作物为油菜, 肥力中等偏上; 试验时间 2017 年 4 月 6 日至 2017 年 9 月 15 日。

## 3 试验实施经过

试验水稻品种为宜香优 725, 采取温室两段育秧, 4 月 6 日进温室, 育成一叶一心小苗秧, 4 月 15 日小苗秧寄插, 三叶一心施“断奶肥”, 5 叶期追施

收稿日期: 2017-10-15 修回日期: 2017-11-21

第一作者简介: 祁海东(1964-), 陕西勉县人, 高级农艺师, 长期从事土肥技术推广和肥料肥效试验研究。

尿素,移栽前 7 d 施“送嫁肥”,在秧母田培育多蘖壮秧;前茬油菜收获后,于 5 月 19 日机械旋耕整地,5 月 20 日按试验方案划区做田埂,各小区田埂用地膜包裹,并做独立的进排水沟,防止各小区肥料之间渗透,按小区称肥施肥;5 月 21 日插秧,插秧密度 11 100 穴·667 m<sup>-2</sup>,即每小区插秧 250 穴,每穴 7~8 苗;5 月 29 日追施剩余 30% 的氮肥,同时除草、防二化螟;6 月 22 日晒田控制分蘖,7 月 10 日复水,7 月 12 日对处理 3、5、7 小区追施钾肥;8 月 2 日预防穗茎稻瘟、稻苞虫,9 月 13 日按小区单打单收,收获稻谷和稻草,按小区称重稻谷、稻草重量,每小区取稻谷 2 kg、稻草 5 kg 湿样晒干,稻谷晒干分净后,称取干重样品折算每亩稻谷产量和稻草产量,试验稻谷、稻草产量见表 3。

#### 4 试验结果分析

经实产比较分析,处理 4 667 m<sup>2</sup> 产 710.47 kg,产量居试验第一位,与处理 1、2、3、5、6、7 比较,667 m<sup>2</sup> 增产分别为 65.8 kg、42.06 kg、45.13 kg、20.97 kg、15.07 kg、18.8 kg,增产幅度分别为 10.2%、6.3%、6.8%、3.1%、2.2%、2.7%;处

理 6 667 m<sup>2</sup> 产 695.4 kg,产量居试验第二位,与处理 1、2、3、5、7 比较,667 m<sup>2</sup> 增产分别为 50.73 kg、27 kg、30.1 kg、5.9 kg、3.73 kg,增产幅度分别为 7.9%、4.04%、4.5%、0.86%、0.54%;处理 7 每 667 m<sup>2</sup> 产 691.67 kg,产量居试验第三位,与处理 1、2、3、5 比较,每 667 m<sup>2</sup> 增产分别为 47 kg、23.3 kg、26.3 kg、2.2 kg,增产幅度分别为 7.3%、3.5%、3.95%、0.32%;处理 5 每 667 m<sup>2</sup> 产 689.5 kg,产量居试验第四位,与处理 1、2、3 比较,每 667 m<sup>2</sup> 增产分别为 44.8 kg、21.1 kg、24.2 kg,增产幅度分别 6.95%、3.2%、3.6%;处理 2 产量 668.4 kg·667 m<sup>-2</sup>,产量居试验第五位,与处理 1、3 比较,每 667 m<sup>2</sup> 增产分别为 23.7 kg、3.1 kg,增产幅度分别 3.7%、0.47%,处理 3 每 667 m<sup>2</sup> 产 665.3 kg,产量居试验第六位,与处理 1 比较,每 667 m<sup>2</sup> 增产 20.7 kg,增产幅度 3.2%。试验证明:在氮磷肥施用的基础上,水稻施用 K<sub>2</sub>O 的量在 0~7 kg·667 m<sup>-2</sup> 范围内,水稻产量随 K<sub>2</sub>O 的施用量增加而增加,K<sub>2</sub>O 施用量达到 7 kg·667 m<sup>-2</sup> 后,再增加钾肥的施用量,增产幅度不大。

表 2 水稻不同钾肥施用量试验产量结果

处 理	重复 I /(kg·667 m <sup>-2</sup> )	重复 II /(kg·667 m <sup>-2</sup> )	重复 III /(kg·667 m <sup>-2</sup> )	平均产量 /(kg·667 m <sup>-2</sup> )	名 次
处理 1	651	643.5	639.5	644.67	7
处理 2	666.8	676.9	661.5	668.4	5
处理 3	671.1	666.5	658.4	665.33	6
处理 4	713.1	709.2	709.1	710.47	1
处理 5	703	670.7	694.8	689.5	4
处理 6	699.1	697.4	689.7	695.4	2
处理 7	706.4	691.9	676.7	691.67	3

对各处理试验结果进行方差分析,处理间 F 值=20.982 大于 F<sub>0.01</sub>=4.8,处理间差异达到极显著水平;区组间不显著。经显著性比较分析可知:处理 4 和处理 5、6、7 之间差异不显著,和处理 1、2、3 之间差异达极显著;处理 6 和处理 1、2、3 之间差异达极显著,和处理 5、7 之间差异不显著;处理 7 和处理 1、2、3 之间差异达极显著,和处理 5 之间差异不显著;处理 5 和处理 1、2、3 之间差异达极显著;处理 2 和处理 3 之间差异不显著,和处理 1 之间差异达极显著;处理 3 和处理 1 之间差异达显著。证明水稻施用不同质量的钾肥,产量结果有质的差异;在钾肥施用量相同时,钾肥一次性底施和一次性追肥,水稻产量结果差异不大。

#### 5 不同处理产量结果构成因素分析比较

不同处理经济性状比较:处理 4 与比处理 1

比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.909 万·667 m<sup>-2</sup>、9 粒、1 g、2.5%;处理 6 与比处理 1 比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.879 万·667 m<sup>-2</sup>、6.9 粒、1.1 g、1.9%;处理 7 与比处理 1 比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.034 万·667 m<sup>-2</sup>、5.4 粒、1.1 g、2%;处理 5 与比处理 1 比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.003 万·667 m<sup>-2</sup>、5.4 粒、1g、1.6%;处理 2 与比处理 1 比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.282·667 m<sup>-2</sup>、3.9 粒、0.5 g、1.5%;处理 3 与比处理 1 比较,亩有效穗、穗实粒、千粒重、结实率分别增加 0.06 万·667 m<sup>-2</sup>、3.3 粒、0.5 g、2.5%。

#### 6 钾肥不同施用量产量结果回归分析

##### 6.1 钾肥做底肥施用时产量结果回归分析

对试验处理 1、2、4、6 产量结果进行回归分

析,建立水稻产量与钾素之间的一元二次函数方程,  $Y=640.92+13.86286X-0.79184X^2$ ,  $Y$  代表稻谷产量,  $X$  代表  $K_2O$  用量,单位  $kg \cdot 667 m^{-2}$ 。根据函数和导数的性质,对肥料效应方程求导,求出钾素最大施用量和水稻最高产量:  $K_2O$  最大施用量  $8.8 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 稻谷最高产量  $701.6 kg \cdot 667 m^{-2}$ 。根据肥料边际效应原理,当边际产值等于边际成本,单位面积施肥利润最大,是合理施肥的上限,按当年市场价格计算钾肥和稻谷的价格,  $K_2O$   $4.66 元 \cdot kg^{-1}$ , 稻谷  $2.6 元 \cdot kg^{-1}$ , 对肥料效应方程求偏导,计算出钾素的最佳施用量和最佳经济产量:  $K_2O$  最佳施用量  $7.6 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 稻谷经济产量  $700.6 kg \cdot 667 m^{-2}$ 。

## 6.2 钾肥做追肥施用时的产量结果回归分析

对试验处理 1、3、5、7 产量结果进行回归分析,建立水稻产量与钾素之间的一元二次函数方程。  $Y=643.4+8.662857X-0.3755X^2$ ,  $Y$  代表稻谷产量,  $X$  代表  $K_2O$  用量,单位  $kg \cdot 667 m^{-2}$ 。根据函数和导数的性质,对肥料效应方程求导,求出钾素最大施用量和最高产量,  $K_2O$  最大施用量  $11.5 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 水稻最高产量  $693.4 kg \cdot 667 m^{-2}$ 。根据肥料边际效应原理,当边际产值等于边际成本,单位面积施肥利润最大,是合理施肥的上限,按当年市场价格计算钾肥和稻谷的价格,  $K_2O$   $4.66 元 \cdot kg^{-1}$ , 稻谷  $2.6 元 \cdot kg^{-1}$ , 对肥料效应方程求偏导,计算出钾素的最佳施用量和最佳经济产量:  $K_2O$  最佳施用量  $9.1 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 水稻经济产量  $691.1 kg \cdot$

表 3 水稻不同钾肥施用量试验经济效益分析

处理	产量 /( $kg \cdot 667 m^{-2}$ )	产值 /( $元 \cdot 667 m^{-2}$ )	肥料投入 /( $元 \cdot 667 m^{-2}$ )	扣除肥料收入 /( $元 \cdot 667 m^{-2}$ )	与处理 1 比较增收 入/( $元 \cdot 667 m^{-2}$ )	产投比
处理 1	644.7	1 676.2	68.5	1 607.7	—	—
处理 2	668.4	1 737.9	84.9	1 653.0	45.3	2.76 :1
处理 3	665.3	1 729.8	84.9	1 644.9	37.2	2.27 :1
处理 4	710.5	1 847.3	101.2	1 746.1	138.4	4.23 :1
处理 5	689.5	1 792.7	101.2	1 691.5	73.8	2.26 :1
处理 6	695.4	1 808.1	117.5	1 690.6	82.9	1.67 :1
处理 7	691.7	1 798.4	117.5	1 680.9	73.2	1.49 :1

## 参 考 文 献:

- [1] 徐新朋 王秀斌 李大明等 双季稻最佳磷肥和钾肥用量与密度组合研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(03): 598-608.
- [2] 刘芬, 同延安, 王小英, 等. 渭北旱塬小麦施肥效果及肥料利用效率研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(03): 552-558.
- [3] 杨吉如. 新编测土配方施肥项目技术推广[M]. 北

667  $m^{-2}$ 。

## 7 经济效益分析

按当年市场零售价格计算肥料成本和稻谷收购价格, 纯氮  $4.35 元 \cdot kg^{-1}$ 、 $P_2O_5$   $4.17 元 \cdot kg^{-1}$ 、 $K_2O$   $4.67 元 \cdot kg^{-1}$ , 稻谷收购价  $2.6 元 \cdot kg^{-1}$ , 对各处理进行经济效益分析, 处理 4 比处理 667  $m^2$  增收 138.4 元, 投产比 4.23 :1; 处理 5 比处理 667  $m^2$  增收 73.8 元, 投产比 2.26 :1; 处理 6 比处理 667  $m^2$  增收 82.9 元, 投产比 1.67 :1; 处理 7 比处理 667  $m^2$  增收 73.2 元, 投产比 1.49 :1; 处理 3 比处理 667  $m^2$  增收 37.2 元, 投产比 2.27 :1; 处理 2 比处理 667  $m^2$  增收 45.3 元, 投产比 2.76 :1(见表 3)。

## 8 结 论

通过试验建立了水稻钾素一元二次肥料效应方程, 在钾肥一次性做底肥施用,  $K_2O$  最佳施用量  $7.6 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 稻谷经济产量  $700.5 kg \cdot 667 m^{-2}$ ; 在钾肥一次性做追肥施用,  $K_2O$  最佳施用量  $9.1 kg \cdot 667 m^{-2}$ , 稻谷经济产量  $691.1 kg \cdot 667 m^{-2}$ ; 在氮磷肥施用的前提下, 水稻施用钾肥采取一次性底施或一次性追施, 都具有增产增收效果, 亩增产稻谷  $65.8 \sim 20.7 kg$ , 增产率  $10.2\% \sim 3.2\%$ ,  $667 m^2$  增收  $138.4 \sim 37.2 元$ ; 建议在勉县平川蟾土、黄泥田保水保肥性能好的田块, 目标产量  $700 kg \cdot 667 m^{-2}$  左右, 钾肥采取一次性底施, 减少施肥用工,  $667 m^2$  施纯氮  $10 \sim 11 kg$ 、 $P_2O_5$   $6 kg$ 、 $K_2O$   $7 \sim 8 kg$ 。

京: 中国农业出版社

- [4] 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(05): 915-924.
- [5] 杜加银, 茹美, 倪吾钟. 减氮控磷稳钾施肥对水稻产量及养分累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2013, 19(03): 523-533.