

吴如成,高金成. 水稻施钾效应及土壤速效钾丰缺指标研究[J]. 江苏农业科学,2013,41(10):64-66.

水稻施钾效应及土壤速效钾丰缺指标研究

吴如成¹, 高金成²

(1. 江苏省镇江市丹徒区农业技术推广中心,江苏丹徒 212028; 2. 江苏省镇江市农业技术推广站,江苏镇江 212004)

摘要:2012 年在江苏省镇江市丹徒区的 8 个镇(每镇 6 个试验点)按土壤肥力高、中、低布置 48 个点进行钾肥肥效田间试验;以早熟晚粳镇稻 11 为材料,研究施钾对水稻产量及经济效益的影响,建立了水稻土壤速效钾的丰缺指标体系。结果表明:水稻施钾有增产增收的效应。施钾较不施钾增产 109.5 ~ 4 119 kg/hm²,平均增产率 23.0%,增加收入 287.7 元/hm²,平均产收比 11.75,89.6% 的田块施钾产收比 >2.0。土壤速效钾对施钾增产效应及经济效益有显著影响,施钾增产的经济回报随土壤施钾含量的提高而降低;土壤速效钾“低”“较低”“中”“较高”“高”5 项指标分别为 <60.0、60.0 ~ 100.0、100.1 ~ 140.0、140.1 ~ 180.0、>180.0 mg/kg。

关键词:水稻;钾肥效应;土壤速效钾;丰缺指标

中图分类号: S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)10-0064-03

稻米是我国人民的主要粮食,随着经济发展和人民生活水平提高,优质稻米生产越来越受到消费者关注和重视^[1]。随着水稻产量不断提高,它从土壤中所摄取的养分量也不断增加。钾是水稻生长所必需的营养元素之一,对促进水稻代谢及增加水稻抗逆性都十分重要^[2-3]。特别是在增施氮肥、磷肥时,施用钾肥的作用更显得重要。生产中,多数人只重视氮肥、磷肥的施用,而轻视钾肥的施用,以致大多数地方土壤中的钾已不能满足水稻高产的需要,成为水稻高产的限制因素^[4-5]。生产实践表明,适量施用钾肥能使作物茎秆坚韧,防止倒伏,使植株增重,稻穗增长,叶面积增大,叶绿素含量增加,抗病能力增强,从而促进水稻生长健壮,提高产量^[6]。缺钾对作物的生长发育及抗逆性都有不利影响,主要表现在水稻叶片早衰、抗病力降低以及其他缺钾症状的出现,从而影响水稻产量的提高^[7]。因此,在水稻单产较高、氮磷肥用量较大的情况下,注重钾肥的施用已成为水稻施肥中一个值得注意的问题。在一定范围内,水稻施钾有一定的增产效果,农田土壤钾素缺乏或钾肥用量不足均导致水稻减产。本研究通过水稻多点钾肥施用试验,探讨施钾效应与土壤速效钾的关系,建立土壤速效钾丰缺指标,旨在为水稻合理施用钾肥提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2012 年在江苏省镇江市丹徒区荣炳、宝堰、谷阳、上党、辛丰、高桥、高资、宜城 8 个镇按土壤肥力高、中、低布点 48 个进行水稻钾肥肥效田间试验。栽前采集供试土壤耕层样品,土壤养分状况见表 1。供试品种为早熟晚粳镇稻 11。5 月 15 日落谷,肥床早育,6 月 23 日移栽,移栽平均叶龄 7.4 张,单株茎蘖平均 1.5 个,移栽密度 32.1 万/hm²,每穴 3 苗。试验田期化除 2 次,防病虫 3 次。

表 1 供试土壤耕层养分状况

项目	有机质含量 (mg/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	有效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)	pH 值
最小值	11.79	65.52	3.91	52.78	5.1
最大值	29.43	145.11	27.02	188.35	7.9
平均值	19.74	104.27	10.68	93.84	6.1

1.2 试验处理

试验设 2 个处理:施钾区、不施钾对照区(CK),3 个重复。试验小区面积均为 30 m²,小区间用塑料薄膜包裹支埂分隔。由于不同田块肥力水平有差异,施钾处理的钾肥(K₂O)用量变化幅度为 60 ~ 120 kg/hm²,氮肥(N)用量变化幅度为 270 ~ 330 kg/hm²,磷肥(P₂O₅)用量变化幅度为 45 ~ 75 kg/hm²。试验用肥:氮肥为尿素(含 46% N);磷肥为过磷酸钙(含 12% P₂O₅);钾肥为氯化钾(含 60% K₂O)。氮肥运筹:基肥 60%,拔节孕穗肥 40%。磷肥作基肥一次性使用。钾肥分 2 次使用:基肥 50%,长粗肥 50%。

1.3 测定项目及方法

土壤 pH 值、有机质、碱解氮、有效磷、速效钾均用常规分析方法测定^[8]。水稻产量以各小区实收计产。

1.4 土壤速效钾丰缺指标体系建立方法

根据水稻产量对土壤速效钾养分含量的响应,建立土壤养分丰缺指标体系。具体方法为用对照区和施钾区的产量计算相对产量,用获得的相对产量与土壤速效钾含量进行方程拟合。计算相对产量的公式:相对产量 = 不施钾处理产量/施钾处理产量 × 100%。建立的数学模型: $y = a \ln(x) + b$,式中 y 为相对产量(%), x 为土壤速效钾含量(mg/kg)。以相对产量 <60.0%、60.0% ~ 69.9%、70.0% ~ 84.9%、85.0% ~ 95.0%、>95.0% 将土壤速效钾分为“低”“较低”“中”“较高”“高”5 个丰缺等级,计算并建立土壤速效钾丰缺指标体系。

用 Excel 软件进行数据分析和图形绘制。

2 结果与分析

2.1 施用钾肥的产量效应及经济效益分析

试验结果(表 2)表明,与不施钾(CK)相比,水稻施钾具

收稿日期:2013-02-18

基金项目:江苏省财政补贴项目。

作者简介:吴如成(1965—),男,江苏镇江人,高级农艺师,主要从事土壤肥料技术推广工作。E-mail:dtwrch@163.com。

有一定的增产效果。所有试验点施钾较不施钾水稻均增产。不施钾处理水稻产量范围为 5 263.5 ~ 10 534.5 kg/hm², 施钾处理产量范围为 7 771.5 ~ 10 869.0 kg/hm², 施钾处理平均产量为 9 525.1 kg/hm², 较不施钾处理平均增产 23%。投入

1 kg K₂O 最少增产 1.8 kg 水稻, 最多增产 34.3 kg 水稻, 平均增产 17.6 kg 水稻。施钾处理较不施钾处理增产率、增产量变化范围较大, 最高增产率是最低增产率的 67.4 倍, 最高增产量是最低增产量的 37.6 倍。

表 2 施钾对水稻产量和经济效益的影响

项目	产量		施钾较不施钾		每千克 K ₂ O 增产 水稻籽粒(kg)	施钾较不施钾 增加利润(元/hm ²)	施钾产投比
	不施钾(CK) (kg/hm ²)	施钾 (kg/hm ²)	增产量 (kg/hm ²)	增产率 (%)			
最小值	5 263.5	7 771.5	109.5	1.1	1.8	-22.9	0.49
最大值	10 534.5	10 869.0	4 119.0	74.1	34.3	801.4	36.78
平均值	7 918.6	9 525.1	1 606.5	23.0	17.6	287.7	11.75

注:产投比按 K₂O 5.6 元/kg、水稻籽粒 3.0 元/kg 计算。

施钾较不施钾处理增加的水稻产值扣除购买钾肥成本即获得施钾增加的利润,结果(表 2)表明,尽管部分试验施用钾肥能使水稻增产,但并不增收,总体上在水稻生产中施钾的经济效益还是可观的。施钾平均可以增收 287.7 元/hm², 最高增收 801.4 元/hm²。施钾增产不增收的试验有 5 个, 占总试验数的 10.4%, 增产不增收的主要原因是土壤本身速效钾养分含量较高, 施钾增产效果不明显, 而钾肥成本增加, 导致施钾亏本。

依据有关资料^[9], 当肥料施用的产投比达到 2.0 时认为经济效益显著, 就目前农业生产实际而言, 产投比 1.0 ~ 2.0 时, 尽管经济效益不显著, 但基本为农民所接受, 当低于 1.0 时则会亏本。试验结果表明, 水稻施钾增收效果明显, 施钾平均产投比 11.75, 产投比最低 0.49, 最高 36.78。若以产投比

2.0 作为判定标准, 89.6% 的水稻田块施钾经济效益显著, 8.4% 的田块施钾虽能增收但效果不明显, 2% 的田块施钾尽管提高了产量, 但在经济上出现了亏损。

2.2 土壤速效钾含量对施钾效应的影响

以土壤速效钾含量为基础获得施钾区和缺钾区的产量, 得到试验点的相对产量(表 3), 总趋势为土壤速效钾含量越高, 相对产量越高, 增产表现越不显著, 施钾效应也就越不明显; 反之, 施钾效应就越明显。相关分析表明, 土壤速效钾含量对水稻施钾的增产效应影响显著, 土壤速效钾含量与不施钾肥处理水稻产量呈正相关但不显著($r = 0.313\ 0, n = 48$), 说明土壤钾养分含量对水稻的贡献率是随土壤速效钾含量增加而增加的, 但随土壤速效钾含量提高, 水稻施钾的增产趋势减缓, 施钾经济回报呈递减的变化趋势。

表 3 土壤速效钾含量与相对产量对照

试验点号	速效钾含量 (mg/kg)	施钾区平均 产量(kg/hm ²)	不施钾区平均 产量(kg/hm ²)	相对产量 (%)	试验点号	速效钾含量 (mg/km ²)	施钾区平均 产量(kg/hm ²)	不施钾区平均 产量(kg/hm ²)	相对产量 (%)
1	93.25	9 235.5	7 732.5	83.7	25	119.55	10 218.0	8 716.5	85.3
2	66.94	9 130.5	7 296.0	79.9	26	73.01	9 360.0	7 603.5	81.2
3	117.53	10 099.5	9 477.0	93.8	27	58.85	9 420.0	6 063.0	64.4
4	93.24	9 210.0	7 747.5	84.1	28	56.82	9 123.0	5 808.0	63.7
5	73.01	8 389.5	6 955.5	82.9	29	60.87	9 337.5	6 294.0	67.4
6	70.99	8 248.5	6 180.0	74.9	30	75.04	9 532.5	7 761.0	81.4
7	64.92	7 771.5	6 037.5	77.7	31	111.46	10 000.5	8 653.5	86.5
8	52.78	9 679.5	5 560.5	57.4	32	103.37	9 397.5	7 809.0	83.1
9	79.08	8 533.5	7 179.0	84.1	33	75.61	8 929.5	7 518.0	84.2
10	75.04	8 268.0	6 826.5	82.6	34	178.26	10 776.0	10 254.0	95.2
11	68.97	8 178.0	6 381.0	78.0	35	70.99	8 580.0	6 790.5	79.1
12	62.90	9 765.0	5 670.0	58.1	36	87.18	10 062.0	8 035.5	79.9
13	101.34	10 176.0	9 244.5	90.8	37	85.15	9 711.0	7 771.5	80.0
14	115.51	9 979.5	9 417.0	94.4	38	101.34	10 177.5	9 237.0	90.8
15	70.99	9 813.0	7 338.0	74.8	39	149.91	10 224.0	10 114.5	98.9
16	67.67	7 990.5	6 262.5	78.4	40	103.37	10 126.5	9 312.0	92.0
17	56.83	8 949.0	5 263.5	58.8	41	188.35	10 869.0	10 534.5	96.9
18	77.06	8 406.0	6 934.5	82.5	42	105.39	10 099.5	9 027.0	89.4
19	89.20	9 907.5	8 418.0	85.0	43	167.52	10 713	10 387.5	97.0
20	105.39	9 969.0	9 232.5	92.6	44	85.15	9 771.0	7 744.5	79.3
21	83.13	9 348.0	7 899.0	84.5	45	93.25	10 027.5	8 724.0	87.0
22	87.36	9 384.0	8 050.5	85.8	46	89.08	9 805.5	8 227.5	83.9
23	158.00	10 555.5	10 281.0	97.4	47	91.23	9 786.0	8 032.5	82.1
24	85.15	9 426.0	7 891.5	83.7	48	170.14	10 744.5	10 398.0	96.8

2.3 土壤速效钾丰缺分级指标的建立

由于土壤速效钾含量与水稻产量、施钾增产效果及经济

效益密切相关, 因此利用土壤速效钾含量来建立水稻种植体系中钾素养分的丰缺分级指标, 作为水稻种植区是否需要施

钾及施钾量多少的判定依据。以相对产量(表 3)为纵坐标,土壤速效钾含量为横坐标,根据相对产量与土壤速效钾含量的相应关系,建立对数曲线模型: $y = 28.276\ln(x) - 44.285$ ($r^2 = 0.7623^{**}$, $n = 48$),二者相关性达到极显著水平(图 1)。

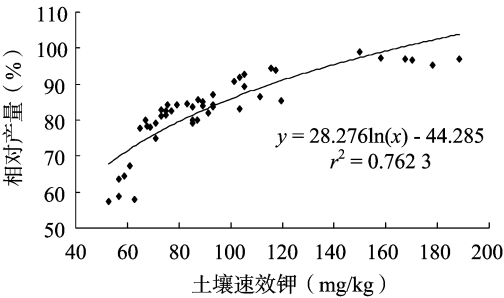


图1 土壤速效钾含量与相对产量的关系

以相对产量 <60.0%、60.0%~69.9%、70.0%~84.9%、85.0%~95.0%、>95.0% 为标准,将土壤速效钾含量 <60.0 mg/kg 定为“低”、60.0~100.0 mg/kg 定为“较低”、100.1~140.0 mg/kg 定为“中”、140.1~180.0 mg/kg 定为“较高”、>180.0 mg/kg 定为“高”(表 4)。因本试验获得的水稻相对产量均不低于 55%,故土壤速效钾含量没有定“极低”等级。

表 4 水稻种植区土壤速效钾丰缺指标及丰缺状况评价

速效钾 丰缺等级	速效钾丰缺 标准(mg/kg)	样本数	占总样本 比例(%)	土壤速效钾平均 含量(mg/kg)
低	<60.0	4	8.3	56.32
较低	60.0~100.0	28	58.3	78.41
中	100.1~140.0	10	20.8	108.43
较高	140.1~180.0	5	10.4	164.77
高	>180.0	1	2.2	188.35

若以相对产量 85% 作为临界值的判断标准,土壤速效钾含量低于 140.0 mg/kg 时,施用钾肥能够保证水稻施钾有较好的增产效果。

2.4 土壤速效钾丰缺状况评价与施肥推荐

对试验点的土壤养分丰缺状况进行统计分析,结果(表 4)表明,8.3% 的土壤速效钾含量属于“低”,土壤速效钾平均含量 56.32 mg/kg;58.3% 的土壤速效钾含量属于“较低”,土壤速效钾平均含量 78.41 mg/kg;属于“中”、“较高”水平的土壤速效钾含量各占 20.8%、10.4%,土壤速效钾平均含量分别为 108.43、164.77 mg/kg;2.2% 的土壤速效钾含量属于“高”,土壤速效钾平均含量 188.35 mg/kg,说明本研究区土壤速效钾含量近 80% 的土壤集中在“较低”与“中”水平。

通过土壤速效钾含量、相对产量划分的肥力等级与生产实际相结合的原则,充分考虑种植品种的需钾特点及肥料的利用率,确定水稻施钾推荐量(表 5)。对速效钾肥力等级丰富的田块,建议适量补施,但不宜过量,过量施钾不仅增产有限,而且造成施肥浪费;土壤速效钾肥力等级中等的田块需增施钾肥,施 K_2O 量 45~67.5 kg/hm² 为宜。

3 讨论与结论

土壤施钾增产效果和经济效益随土壤速效钾含量提高而下降,施钾经济回报亦呈递减趋势。高钾区土壤应少施钾或

表 5 水稻种植区土壤速效钾肥力等级与施肥推荐

肥力等级	相对产量 (%)	速效钾临界值 (mg/kg)	施 K_2O 量 (kg/hm ²)
高	>95.0	180.1	15.0
较高	85.0~95.0	140.5	30.0
中	70.0~84.9	100.5	45.0
较低	60.0~69.9	60.4	60.0
低	<60.0	*	67.5

注:“*”表示土壤速效钾含量低,暂不考虑土壤速效钾临界值。

不施钾,低钾区土壤应适当增加钾肥的投入。

土壤速效钾含量的多寡与土壤的成土母质、有机质含量及生物物理化学性质等因素有关。与第 2 次土壤普查结果(土壤速效钾含量 90.6 mg/kg)相比,农田土壤速效钾含量有了较大提高,增幅 6.4%。这与近年来补钾工程的实施、大量的秸秆还田或高浓度复混肥的大量投入有关。

对照江苏省土壤速效钾养分含量分类标准^[10](第 2 次土壤普查资料),土壤速效钾养分含量分为 5 级,分别为 <50.0 mg/kg(低)、50.0~100.0 mg/kg(缺乏)、100.1~150.0 mg/kg(中等)、150.1~200.0 mg/kg(丰富)和 >200.0 mg/kg(很丰富);根据本地生产实际的供试土壤很少有小于 50.0 mg/kg 和大于 200.0 mg/kg 的样品,将下限值设定为 60.0 mg/kg,上限值设定为 180.0 mg/kg,且每级指标差值约为 40 mg/kg。土壤速效钾 5 级指标“低”“较低”“中”“较高”“高”分别为 <60.0 mg/kg、60.0~100.0 mg/kg、100.1~140.0 mg/kg、140.1~180.0 mg/kg 和 >180.0 mg/kg。本试验建立了适合本研究区的水稻土壤速效钾丰缺指标数学模型: $y = 28.276 \times \ln x - 44.285$, $r^2 = 0.7623^{**}$ 。

本研究大致可以界定速效钾临界水平,准确地确定土壤速效钾临界值还需进一步研究。

参考文献:

[1] 叶定池,林 华,赵佩欧,等. 钾肥施用技术对水稻产量及稻米品质的影响[J]. 安徽农学通报,2007,13(17):91-92.
[2] 沈其荣. 土壤肥料学通论[M]. 北京:高等教育出版社,2001:222-226.
[3] 张洪程. 水稻新型栽培技术[M]. 北京:金盾出版社,2011:229-230.
[4] 贺 梅,张文忠,宋桂云,等. 钾肥对高产水稻生长发育的影响[J]. 辽宁农业科学,2007(1):12-14.
[5] 杨 建,魏春燕,武 微,等. 钾对水稻生长发育及生理功能影响分析[J]. 吉林农业科学,2008,33(6):46-47.
[6] 吾建祥,施南芳. 长期不同施肥对水稻养分吸收和肥料利用率的影响[J]. 湖南农业科学,2002(4):54-55,64.
[7] 许丽艳,王晓华,陈艳荣. 水稻施用钾肥效果研究[J]. 垦殖与稻作,2006(1):56-57.
[8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2002.
[9] Zou J, Lu J W, Chen F, et al. Increasing yield and profit of rapeseed under combined fertilization of nitrogen, phosphorus, potassium, and boron in Yangtze river basin[J]. Acta Agronomica, 2009, 35(1): 87-92.
[10] 喻长新,李桂荣,周传槐,等. 江苏土壤[M]. 北京:中国农业出版社,1994:386.