复石灰水稻土的生产能力与水稻的养分吸收^①

杜承林 祝 斌 覃海斌 陶 胜 徐志飞

(中国科学院南京土壤研究所 南京 210008) (广西柳江县农业局)

摘 要 在复石灰水稻土上进行的长期定位研究结果表明,在氮、磷充足供应、不施钾肥的条件下,土壤每年提供的钾素约 54.0kg/hm²,水稻产量在 6000kg/hm² 左右。施用钾肥增产高达 60% 以上,当钾肥供应不足时,可用丰富的稻草部分替代;水稻产量与主要养分的吸收量呈极显著的正相关。氮、钾吸收量对水稻产量的影响不同,早稻 N 优于 K,晚稻相反,K 优于 N。

关键词 复石灰水稻土;生产能力;水稻产量;养分吸收

我国南方由石灰岩风化物发育的各种土壤,供钾能力处于低至极低水平。在广西、江西、湖南、贵州等省(区)中,土壤中各种形态的钾素含量以广西最低,其长期的供钾潜力极低^[1,2]。

本文根据广西柳江县复石灰水稻土的钾素 15 年长期定位研究结果与近 3 年的水稻产量、养分吸收量,讨论该土壤的生产潜力,可为肥料施用提供参考。

1 材料与方 法

供试土壤由石灰岩风化物发育而成的复石灰水稻土, pH8.3, 有机质、全氮(N)、全钾(K)分别为 32.9g/kg、1.95g/kg、1.9g/kg;速效磷(P),速效钾、缓效钾(K)相应为 1.75mg/kg、44mg/kg、111mg/kg;阳离子交换量为 126.3cmol/kg,钾的饱和度为 0.51%。

试验设 NP、NPK、NP+稻草、NPK+稻草 4 个处理,代号为 1、2、3、4。重复 3 次,小区间用水泥田埂相隔,有独立的灌排系统。小区面积 66.7m²,氮肥用尿素,磷肥用过磷酸钙,钾肥用氯化钾。稻草来自农户大田(早稻用前年晚稻稻草,晚稻用当年早稻稻草)。采用早稻—晚稻—冬闲种植制。试验开始时(1984)当地水稻品种为常规稻需肥量较低,N、K₂O 用量分别为 138.0kg/hm²·季,67.5kg/hm²·季。1988 年开始改用杂交稻,原来的 N、K₂O 用量难以满足水稻的营养需求,从 1992 年开始将 N、K₂O 的用量提高到 165kg/hm²·季,112.5kg/hm²·季,磷肥,稻草用量不变(表 1)。

表 1 试验设计与肥料用量(kg/hm²,季)

处理	代号	N		P ₂ O ₅	K ₂ O		干稻草
		1984~1991	1991~1998		1984~1991	1991~1998	
NP	1	138.0	165.0	54.0			
NPK	2	138.0	165.0	54.0	67.5	112.5	
NP+稻草	3	138.0	165.0	54.0			2250
NPK+稻草	4	138.0	165.0	54.0	67.5	112.5	2250

① 定位研究的前期工作由马茂桐同志负责,本文引用他的部分资料,特此致谢。

2 结果与讨论

2.1 水稻的生产潜力

复石灰水稻土是我国农田土壤中钾素含量最低的土壤类型,在其它条件相同的情况下,钾肥是水稻高产的最重要的因素。因此,建立长期试验的目的在于研究该土不施钾肥与施钾量大小对水稻产量(包括品质)、土壤养分状况与养分平衡的影响(未设无肥处理),故这里所讲的生产潜力仅指不同施肥条件下土壤的生产潜力。

15年(1984~1998)的长期试验结果表明,不施钾肥的水稻产量(早稻+晚稻)平均为6300kg/hm²。前5年(1984~1988)为常规品种,平均产量较低(5850kg/hm²),其后10年改用杂交稻,产量提高660kg/hm²,良种发挥了一定的增产作用。施用稻草,钾肥或两者合用,水稻产量平均达到9345kg/hm²~11130kg/hm²,增产48.6%~77.1%(表2),反映了钾肥在水稻高产中的作用,这与全县的产量提高与钾肥用量增加之间呈极显著正相关是一致的^[3]。足以证明,复石灰水稻土仅靠本身提供的少量钾,即使选用高产良种,生产潜力也只有6000kg/hm²左右。如果遇到自然灾

表2 复石灰水稻土的生产潜力与钾肥的影响

处理代号	1984—1998 总产量 平均产量(X±s)		增产	
	(kg)	(kg/hm ²)	(kg/hm ²)	(%)
1	94335	6289±975		
2	152160	10144±1215	3855	61.3
3	140160	9344±1020	3055	48.6
4	167025	11135±1065	4846	77.1

害,如1985年、1998年的早稻受到低温多雨的危害,1989年、1993年的晚稻,临近成熟期多次受到寒露风的袭击,气候反常施钾增产达到一倍以上(表3),显示了钾肥在抗灾减灾中的重要作用。在日本,保证粮食高产稳产的主要措施是加大施钾量。他们认为,从土壤含钾量看,不一定每年施用钾肥,正常年份施用钾肥增产有限。但是,日本属地少人多的国家之一,自然灾害频繁,灾年作物严重减产。为保证粮食供给尽量减轻灾害导致的作物减产,利用钾肥能增强作物抗逆性的特殊作用,提倡每年施用钾肥,几年中只要有一年遭灾,减少的损失就足以弥补钾肥的投资。可见,日本已将施钾作为粮食保障措施之一。广西属灾害频发的地区,日本的经验值得借鉴。

表3 异常气候下水稻产量与钾肥的抗灾效果

处理代号	早 稻				晚 稻			
	1985		1988		1989		1993	
	kg/hm ²	增产(%)						
1	2010		1740		2010		2235	
2	4680	132.8	4050	132.8	4710	134.3	4185	89.3
3	4065	102.2	3660	110.9	4605	129.1	3765	68.5
4	5055	151.5	4575	162.9	5115	154.5	4965	122.2

2.2 土壤的供钾潜力

根据国内的大量研究结果统计^[4],每生产1000kg水稻平均吸收21.6kg K,与日本结果(22.8kg K)接近。我们根据1996~1998年3年的水稻产量、钾素含量,在不考虑其它因素的影响下,计算了复石灰水稻土的供钾量。结果表明,不施钾肥的NP处理3年6季水稻共吸收162.9kg/hm²,平均每年54.3kg/hm²,即土壤供钾能力每年每公顷只有54.3kg K。其中早稻32.6kg,晚稻21.7kg,并随种植年限的延长,供钾量逐步下降。由于土壤供给早稻的钾多于晚稻,因此早稻产量比晚稻高,而每公斤K生产的水稻量则晚稻稍高于早稻(表4)。表中可见,钾肥的施用,显著提高了吸钾量,但钾的生产效率则明显降低,这与施钾不经济导致水稻奢侈钾有关。至于如何发挥钾的量大生产效率,因涉及到钾肥合理施用的有关问题,

鉴于试验设计所限,本研究难以解决。对于大田生产,既要考虑发挥钾的最大效果,又要兼顾产量水平,从而确定最佳用量,仍需要进一步探讨。

尽管定位试验对试验条件进行了严格的控制,但一些外界的影响,如随降雨、灌溉水带人的钾,土壤渗漏损失的钾,施钾区与对照区的侧渗等仍然难以避免,故土壤每年提供的钾 $54.3\text{kg}/\text{hm}^2$ 只能参考。为比较不同土壤的相对供钾能力与钾肥效果,我们曾进行室内盆栽耗竭试验^[2],供试作物为生长缓慢对钾不敏感的大米草,灌溉用水全部由蒸馏水提供,以将误差降到最小程度。经过连续5次收割(历时540天),复石灰水稻土的供钾量为每年每公顷 82.5kg 。这在南方10种典型土壤中是最低的,只有云南曲靖胶泥田的22.7%,四川重庆紫色土的11.6。虽然室内不能代替大田,但有重要的重要价值。

田间、室内的研究结果从理论上证明了复石灰水稻土的低产原因在于土壤供钾能力极低,缺钾是作物生长的限制因素。同时也阐明了本地区作物生产中,施用钾肥的必要性与迫切性。

表5 近3年(1996~1998)水稻养分吸收量(kg/hm^2)

季别	处理代号	N			P			K		
		1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998
早稻 (博优49)	1	73.7	86.1	56.7	14.3	15.3	10.5	39.0	32.4	26.1
	2	114.0	110.0	97.1	19.4	20.7	21.2	79.8	88.4	73.2
	3	86.7	109.1	61.7	17.3	19.7	11.9	63.6	72.5	43.5
	4	103.7	109.8	86.1	21.3	21.8	17.0	107.3	119.9	102.2
晚稻 (汕优桂99)	1	57.2	55.8	57.3	10.5	10.1	10.4	22.2	22.5	20.6
	2	83.4	82.5	57.5	16.8	15.5	15.9	80.0	86.0	63.8
	3	56.7	66.9	74.3	9.5	11.9	13.8	42.6	46.4	49.4
	4	79.7	86.0	90.0	15.0	14.7	17.7	94.8	88.4	90.0

2.3 籽粒产量与养分吸收的关系

水稻产量是品种特性、施肥水平、养分吸收等多种因素综合影响的结果。本试验条件下,水稻品种相同(早稻为博优49,晚稻为汕优桂99)、土壤养分几乎没有差异,因此各处理的产量差异主要决定于肥料的施用与有效性。为此,我们用1996年~1998年3月中的早、晚稻产量,与氮、磷、钾肥的用量进行相关统计。结果表明,无论是早稻还是晚稻,产量与氮、磷肥的用量之间无相关,但与钾肥用量之间存在极显著的正相关,其相关系数(r 值, $n=12$)早稻为0.727,晚稻为0.826,这说明在氮、磷肥基础上,水稻产量主要决定于钾肥是否施用与用量大小。

水稻对养分的吸收量既是衡量肥料有效性的主要指标,也是形成产量的物质基础。表5经统计,氮、磷、钾的吸收量与水稻产量呈极显著正相关。对于早稻氮、磷优于钾,晚稻则相反,钾>磷>氮,直线方程与相关系数见表6。晚稻钾肥效果优于早稻的原因在于土壤中的钾经早稻吸收后处于全年的最低值,水稻对肥料钾依赖性增加。因此少量的钾肥应优先用于晚稻,以充分发挥增产效果。

表6 水稻养分吸收量与产量的关系

季别	吸收量 ($\text{kg}/\text{亩}$)	方程式*	相关系数 (r 值, $n=12$)
晚稻	N	$y=1.709+0.010x$	0.808
	P	$y=0.160+0.003x$	0.909
	K	$y=-3.488+0.025x$	0.925
早稻	N	$y=0.890+0.015x$	0.869
	P	$y=0.170+0.003x$	0.851
	K	$y=-3.076+0.023x$	0.824

* y 为水稻产量(籽粒); x 为养分吸收量

(下转第165页)

此外, 棉田施用硅酸盐菌剂能提高棉花单铃重、衣分及上部成铃率, 同时可使棉花早发不早衰, 增强抗逆能力。

3 讨论

硅酸盐细菌是土壤中一类具特殊功能的细菌, 它不仅具有解钾能力, 而且具有一定的解磷和解硅能力^[4]。棉花是喜钾作用, 钾对棉花生长发育、产量和品质都有极重要的影响。施用硅酸盐菌剂, 利用菌剂中活菌的代谢活动释放出土壤中难以被作物利用的矿物钾供作物利用, 可以减少化学钾的施用量。研究表明, 施 KCl 262.5kg/hm² + 菌剂 3750ml/hm² 处理组对棉花的增产效应与施 KCl 375kg/hm² 处理组对棉花的增产效应相当, 硅酸盐菌剂与 KCl 混用或单独施用均有增产效应。可以认为, 硅酸盐菌剂不仅可以促进棉花生长, 提高其产量和品质, 而且可以降低生产成本, 保护生态环境。硅酸盐细菌的解钾作用与其代谢活性密切相关。因此, 影响硅酸盐细菌在土壤中存活、繁殖以及解钾作用的因素, 如土壤中有机质含量, 水份, pH 值, 温度以及其它生物等, 值得进一步研究。

参 考 文 献

- 1 李元芳. 硅酸盐细菌肥料的特性和作用. 土壤肥料, 1994(2): 48~49
- 2 殷永娟, 李冬梅. 一株钾细菌性状与功能的研究. 南京农业大学学报, 1995, 18(增刊): 62~67
- 3 陈延伟, 陈华葵. 钾细菌的形态生理及其对磷钾矿物的分解能力. 微生物, 1960(2): 104~112
- 4 薛智勇, 汤江武, 钱红等. 硅酸盐细菌在不同土壤中的解钾作用及对甘薯的增产效果. 土壤肥料, 1996(2): 23~26

(上接第 149 页)

3 结语

复石灰水稻土的供钾能力极低, 依靠土壤提供的少量钾素(54.3kg/hm²·a), 水稻的生产潜力只有 6000kg/hm²·a 左右。即使选用高产良种, 良种特性也能以发挥。水稻产量的提高, 取决于钾素营养的改善。由于土壤缺钾, 必须施用钾肥或含钾丰富的稻草, 对于晚稻尤其重要, 这与土壤钾素处于一年中的最低水平有关。

氮、磷、钾“三要素”是水稻必须的大量营养元素, 其吸收量对水稻产量的影响至关重要, 但影响程度有所不同。早稻 N≥P>K, 晚稻则相反, K>P>N。

广西自然灾害频繁。通过钾肥的施用, 减轻灾害对产量的影响, 是当前行之有效的途径。

参 考 文 献

- 1 谢建昌, 杜承林等. 中国土壤钾素养分潜力图. 北京: 地图出版社, 1986, 39~40
- 2 谢建昌, 杜承林等. 土壤钾素的有效性及其评定方法研究. 土壤学报, 1988, 25(3): 269~280
- 3 曾广巧, 吴有根等. 钾肥和稻草在水稻增产中的作用. 中国农学通报, 1999, 15(3): 30~32
- 4 鲁如坤, 史陶钧. 每生产 1000 斤稻谷所带走的养分及期分布, 作物养分需要量, 每生产 1000 斤产品所需斤数(国外不同国家平均结果). 农业化学手册. 北京: 科学出版社, 1982, 36, 37