

苏州地区双三制下土壤养分状况 和水稻对肥料的反应*

朱兆良 廖先苓 蔡贵信 俞金洲

(中国科学院南京土壤研究所)

苏州地区是我国著名的水稻高产地区之一,向以稻麦两熟为主。近些年来,稻-稻-麦三熟制的面积有了很大的发展,不少社队的复种指数达到了240%左右。探讨在这种高强度栽培制度下,土壤的养分供应状况及肥料效果问题,是有一定意义的。本文是我们1974—1977年间对此问题进行研究中所获资料的总结。

一、提高复种指数后水稻高产中氮素供求关系的变化

单季晚稻改种双季稻后,土壤的氮素供应与水稻对氮素的需求之间,无论在数量上或时间上都有了明显的改变。

(一) 改制前后水稻高产中氮素供求数量的变化 统计结果列于表1。从实际达到

表1 改制前后水稻高产中与氮素供求数量有关的一些基本情况 (苏州地区,黄泥土)

	前季稻	单季晚稻 ²⁾
1. 千斤产量时地上部分累积氮量,斤/亩(平均值) ¹⁾	20.8±0.2 (n=4)	19.9±0.4 (n=10)
2. 不施肥区地上部分累积氮量占高产施肥区累积氮量的%(平均值)	57.8±0.6 (n=5)	75.9±1.1 (n=13)
3. 不施肥区地上部分累积氮量占耕层土壤氮素总储量的%(平均值)	1.8±0.1 (n=7)	3.2 (n=2)
4. 硫酸铵的氮素表观利用率%(平均值)	51.8±2.8 (n=18)	—

注: 1) 由产量为900—1000斤的试验区的测定结果折算而得。

2) 参见刘茂林等(1965),苏州地区农科所(1963):氮素化学肥料品种比较试验(资料)。

3) 表中数据系平均值及标准误($\bar{x} \pm S_x$)。

千斤稻谷产量水平时地上部分累积的氮量来看,目前的前季稻与过去的单季晚稻基本相同,并未因品种特性的改变而有明显的差别。硫酸铵的氮素表观利用率也与过去的统计结果(中国科学院南京土壤研究所,1978)相近。但从第2项来看,在前季稻的高产需氮总量中,由土壤供应的比例平均只占57.8%,而单季晚稻则达75.9%,即改制后高产水稻对土壤氮素供应的依赖性降低,对肥料氮的依赖性则显著增高。其他作者(坂上,1975)也得到了类似的结果。从数量上来计算,改制前高产水稻的需氮总量中,约有四分之三是

* 参加部分工作的有:刘元昌、徐富安、许秀云、徐永福同志。

由土壤供应的,只有四分之一依赖肥料的供应,而改制后这个比例上升到接近二分之一,比改制前几乎增加了一倍。其主要原因是水稻大田生长期的显著缩短,同时也与栽培季节的气温较低有关。因为土壤氮素的矿化量是耕层土壤有效积温的函数(出开,1975;鬼鞍等,1975),而耕层土壤的有效积温又是耕层土壤有效温度与栽培天数之积。因此,大田生长期的显著缩短,必然导致在此期间土壤氮素矿化量的明显减少。1976年我们对同一块田进行了前后两季水稻中土壤氮素供应量(不施肥区水稻地上部分累积氮量与耕层土壤铵态氮量之和,再扣除秧苗带入的氮量)的连续测定,结果(图1)表明,在前季稻期间每亩供应了6.0斤氮素,在后季稻期间为9.5斤氮素,分别占耕层土壤氮素总储量(全氮)的1.37%和2.15%,两季合计为3.52%,与表1第三项的单季晚稻结果相近。即改制后,土壤氮素的矿化能力并无明显变化,但是,过去供给一季单季晚稻利用的土壤氮量,要供两季水稻之用,因此,对每季水稻来说,由土壤供应的氮量明显减少,对肥料氮的依赖性必然显著增加。

(二) 改制后,水稻高产中氮素供求关系在时间上的变化 这是直接关系到氮肥施用时期的一个问题。不同栽培类型的水稻对氮素的需求特点是不同的。在水稻的整个生长过程中,单季晚稻在

分蘖盛期和穗分化期出现两个高峰,但高峰比较平缓,而双季稻则只有一个高峰,出现在移栽后三周之内,而且高峰比较突出,在此期间所积累的氮量达到一季水稻总累积氮量的70%左右(奚振邦等,1978)。因此,要求土壤在此期间能够供应大量的氮素,以满足前季稻高产的要求。但是,据初步观测(图1),土壤氮素的释放高峰期却在8月初至9月初之间,这符合单季晚稻的第二个需肥高峰期的要求,但对双季稻来说,则此时约为前季稻生长的末期和后季稻生长的早、中期。而在前季稻生长的早期,由于气温较低,以及因季节较紧而晒垡不透或不能晒垡等原因,氮素的释放速率不高,因此,在前季稻生长的早期,氮素供求之间的矛盾比较突出,常需多量施用速效氮肥,才能满足前季稻早发的需要。

不同土壤,因其氮素供应过程的特点不同,前季稻生长早期氮素供求之间的矛盾表现的程度也不同。群众经验表明,土壤有“早发田”和“晚发田”之分。我们设想,早发田上在前季稻生长的早期,氮素供求之间的矛盾不像晚发田那样尖锐。因此,1977年我们在两种类型的土壤上进行了田间对比观测,初步结果列于表2。黄泥土上水稻吸收氮量及其中来自土壤和肥料的氮量都比竖头黄泥土的高,这种差异在施肥后的短期内就已表现出来了。即在氮肥的影响下,黄泥土的氮素释放量高,释放时期较早,水稻对黄泥土中 N^{15} 肥料的吸收也较快,尽管最后吸收的 N^{15} 肥料量与竖头黄泥土的相近。因此,黄泥土的氮素供应过程表现出“早发”的特点。当然,这些资料是很初步的,有待进一步的研究。

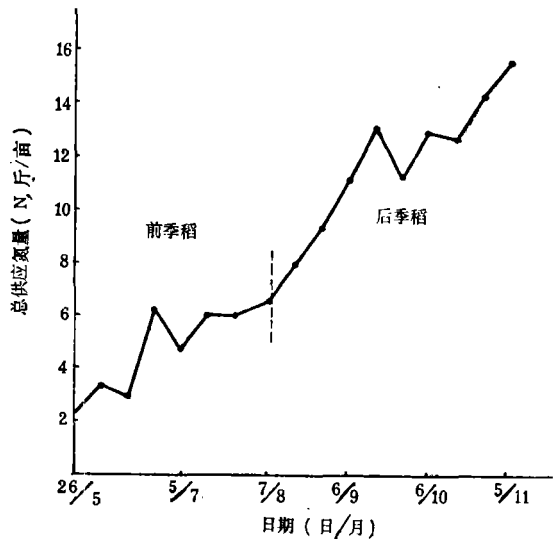


图1 无肥区土壤氮素总供应量(无锡,黄泥土,田间4平方米微区内动态测定结果,1976年)

表 2 不同供氮特点的土壤上水稻对土壤氮和肥料 N^{15} 的吸收过程
(无锡田间微区, 1977 年前季稻, N, 斤/亩)

采样日期	水 稻 吸 收 氮 量					
	总 氮 量		来 自 土 壤 部 分		来 自 N^{15} 肥料部分	
	黄泥土	竖头黄泥土	黄泥土	竖头黄泥土	黄泥土	竖头黄泥土
6月5日	8.52	5.34	5.39	3.86	3.13	1.48
6月21日	16.35	13.29	7.28	6.14	9.07	7.15
7月23日	18.81	16.95	10.84	8.36	7.97	8.59
8月4日 (收获)	23.52	20.87	14.86	12.12	8.66	8.75

注 (1) 土壤基本性质:

	pH	有机质(%)	全氮(%)	速效磷 (P, ppm)	速效钾 (K, ppm)	<0.001毫 米粘粒(%)
黄泥土	6.4	2.96	0.171	28.4	88.8	24.4
竖头黄泥土	6.3	2.21	0.135	27.2	79.8	29.8

速效磷为 0.5 MNaHCO₃ 法, N^{15} 丰度测定由我所质谱室进行, 硫酸 N^{15} 丰度为 1.57%。

(2) 试验方法: 在两块田中分别埋入直径 29 厘米、高 25 厘米的无底塑料圆筒 10 个, 5 月 29 日下午至 30 日上午插秧, 每筒五穴, 每穴五苗, 每筒皆施磷、钾肥为底, 5 个筒为无氮肥区, 5 个筒为施 N^{15} 标记硫酸铵区, 折 14.8 斤 N/亩。每次采样时取一个筒内的两穴稻株。品种为广陆矮四号, 两块田秧苗相同。

二、高氮肥下水稻的营养协调

从近几年积累的关于双季稻稻草含氮量的资料来看, 即使是无肥区也达到 0.65% 左右, 氮肥区可达 0.9—1.4%, 显著高于过去单晚时的平均含量 (0.53%) (中国科学院农业丰产经验研究丛书编委会, 1961)。据统计, 稻草含氮量与空秕率之间有显著的正相关(图 2)。1974 年在前季稻生长期气象条件较差, 稻草含氮量的高低对空秕率的影响, 比气

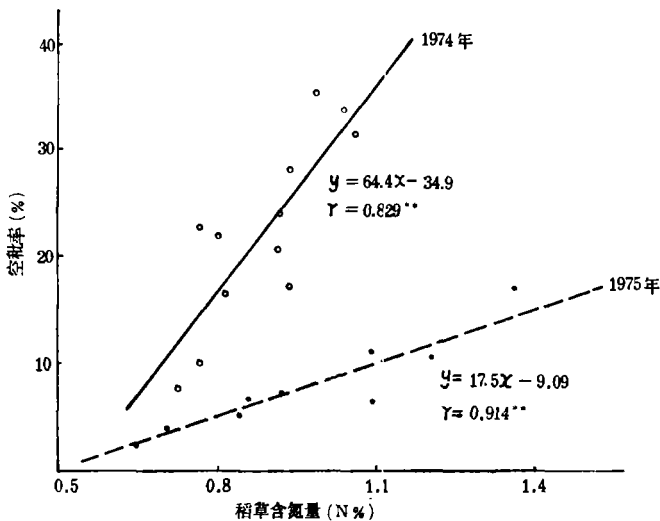


图 2 稻草含 N% 与空秕率的关系 (无锡东亭, 前季稻广陆矮四号)

象条件较好的 1975 年更为显著。稻草含 N% 的增加,当然与品种耐肥性的提高有关,但是,从其与空秕率的明显相关来看,似也反映出氮肥施用技术以及与其他养分的配合上存在一些问题。从这一角度出发,我们对高氮肥下配合施用磷、钾、硅等肥料的问题,也进行了一些研究。

本地区的平田黄泥土上,在过去的单季晚稻试验中,磷钾肥都没有表现出明显的效果(刘茂林等,1965)。但 1974—1976 年我们在平田黄泥土上进行的多次试验表明,磷肥虽然仍无效果(图 3, 7 次试验结果),但 6 个钾肥小区试验中,4 个表现出一定的增产趋势(4.5—7.9%, 36—47 斤/亩),另有一个增产比较显著(27.0%, 113 斤/亩,图 4),4 个硅肥小区试验中也有两个获得了增产(7.4 和 12.1%, 56 和 67 斤/亩)。为了了解苏州地区主要类型的土壤对磷、钾、硅肥的反应,1976 年进行了盆栽试验,结果如表 3。凡是肥力较低

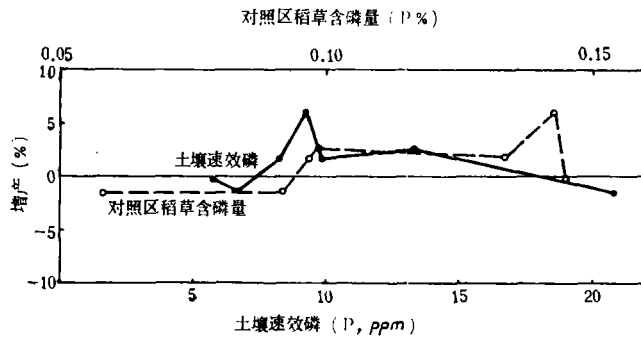


图 3 磷肥效果与土壤速效磷、对照区稻草含磷%的关系
(无锡东亭,黄泥土,水稻田间试验,1974—1976年)

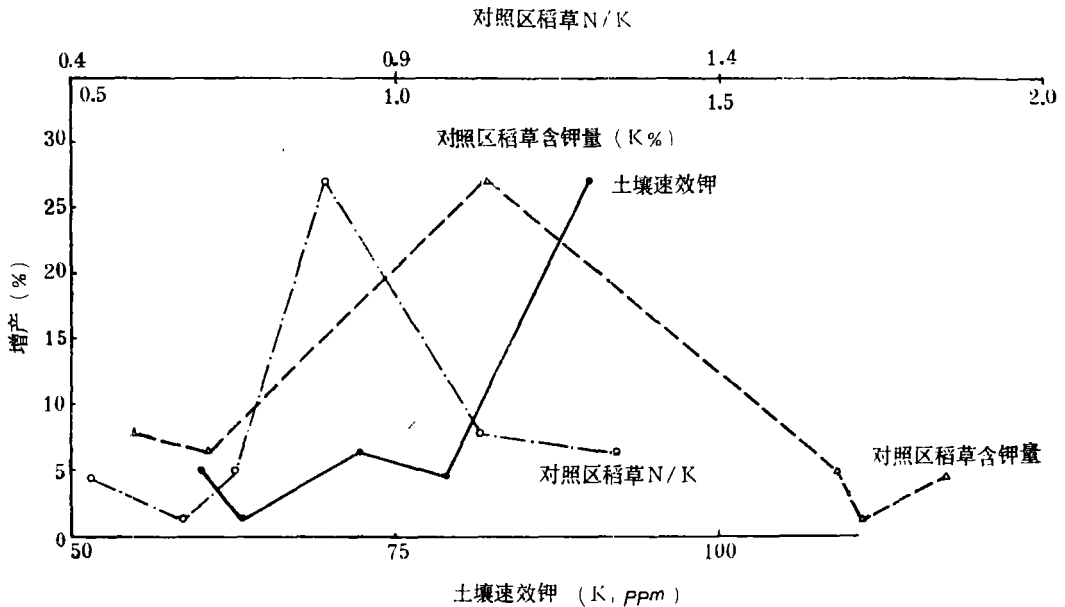


图 4 钾肥效果与土壤速效钾、对照区稻草含钾%及 N/K 的关系
(无锡东亭,黄泥土,水稻田间试验,1974—1976年)

表 3 苏州地区主要类型土壤上氮、磷、钾、硅肥的增产效果
(盆栽试验,前季稻广陆矮四号,1976年)

采样地点	土壤名称	pH	全N (%)	有机质 (%)	C/N	速效磷 (P, ppm)	速效钾 (毫克 K/100克土)	速效钾 (K, ppm)	速效硅 (SiO ₂ 毫克/100克土)	<0.001 毫米粘粒 (%)	代换量 (毫克当量/100克土)	不同肥料增加籽粒重量的作用
沙洲	沙土	8.6	0.094	1.36	8.4	3.8	38.5	67	32	8.6	11.0	P>>N>P>>N>P>K>N
	夹沙土	8.5	0.115	1.93	9.7	8.4	41.9	105	53	12.6	14.1	P>>N>P>K>>P>K>Si
	黄泥土	6.3	0.130	2.25	10.1	13.6	35.4	78	18	12.4	13.5	K>>N>>N>K>P
无锡	白土	7.0	0.126	2.13	9.8	2.6	20.8	94	33	20.2	18.3	P>>K>N>P>P>K>Si
	黄泥土	6.6	0.156	2.91	10.8	6.9	20.8	90	19	20.7	18.9	K>>N>>N>K>≈P>K>Si
	鱖血黄泥土	7.1	0.145	2.82	11.3	34.3	27.9	143	38	25.5	22.1	N>>K>>N>K>P>Si>Si
吴江	青紫泥	6.1	0.181	3.62	11.6	1.8	26.2	108	13	16.5	16.1	P>>K>>N>N>P>>P>K>
	小粉土	6.2	0.178	3.33	10.8	4.8	17.8	90	13	8.9	13.0	K>>N>>P>>N>P>N>K>
	灰土	6.4	0.194	3.41	10.3	7.4	15.3	77	12	8.6	14.6	K>>N>>P>N>K>>K>Si

注: (1) 20×20 厘米盆钵,装风干土 6 公斤,淹水种稻,不渗漏。
 (2) 采用 L₁₆(2¹⁵) 的 N、P、K、Si 四因子两水平的正交设计,施肥量(克/盆): N₁=1.0 (N, 硫酸); N₂=1.5; P₁=0; P₂=1.0 (P₂O₅, 普钙); K₁=0; K₂=1.0 (K₂O, 氯化钾); Si₁=0; Si₂=5.0 (SiO₂, 硅胶)。除一半氮肥做分蘖肥追施外,其他肥料皆做基肥与土混施。
 (3) 速效磷为 0.5M NaHCO₃ 法,速效钾为 N NH₄AC 法,速效硅为 NaAc-HAc 法,缓效钾为 NHNO₃ 法。代换量为 EDTA-铈盐法。
 (4) 肥料的增产作用一项中, P、K、Si 为施用该种肥料的效果, N 为 N₂ 比 N₁ 的增产效果。

的土壤,如沙洲片的沙土、夹沙土,平田片的白土,圩田湖荡片的青紫泥等,在充足氮素供应(N₁)的基础上,施用磷肥可以获得很好的效果,其次是钾;各片中肥力较高的土壤,如沙洲片的黄泥土,平田片的黄泥土,圩田湖荡片的灰土等,在 N₁ 基础上,主要是配合施用钾肥。应当指出,在高氮(N₂)条件下,磷钾肥的效果多比 N₁ 时大(图 5、7), N × P 或 N × K 交互作用比较显著。表明在高氮条件下,其他肥料的配合施用问题更为突出。表 4 结果表明,在 N₁ 基础上以磷为首要影响因素时(白土),磷肥主要是通过增加穗数和每穗总粒数而获得增产,在钾为首要因素时(平田黄泥土),则钾肥主要是通过增加每穗总粒数和降低空秕率而获得增产。

表 4 不同肥料对产量构成因素的影响(盆栽,前季稻广陆矮四号,1976年)

土 壤	穗 数	每穗总粒数	空 秕 率
白土	P>>N>Si	P>>P>Si>N>Si>K	N(增加);K>P(降低)
黄泥土	N>>P>Si	K>>N>P	N、P(增加);K>P>K>>P>Si(降低)
鱖血黄泥土	N>>Si>P	K>N>Si>P>K	P、Si(增加);K(略有降低)

注: 试验说明见表3。

(一) 磷肥有效施用的指标 这里主要是将前人的方法及其分级标准,结合本地区的具体条件加以验证。从 1974—1976 年在无锡县东亭大队黄泥土上进行的 7 个小区试验来看(图 3),土壤速效磷的含量在 5.7—20.8ppm 之间,皆高于 NaHCO₃ 法所确定的

5ppmP 的缺磷界限值, 磷肥基本上没有表现出效果, 因此, 看来, 这个界限值对本地区的水稻施肥也是适用的。盆栽试验的结果进一步证实了这一点(图 5)。

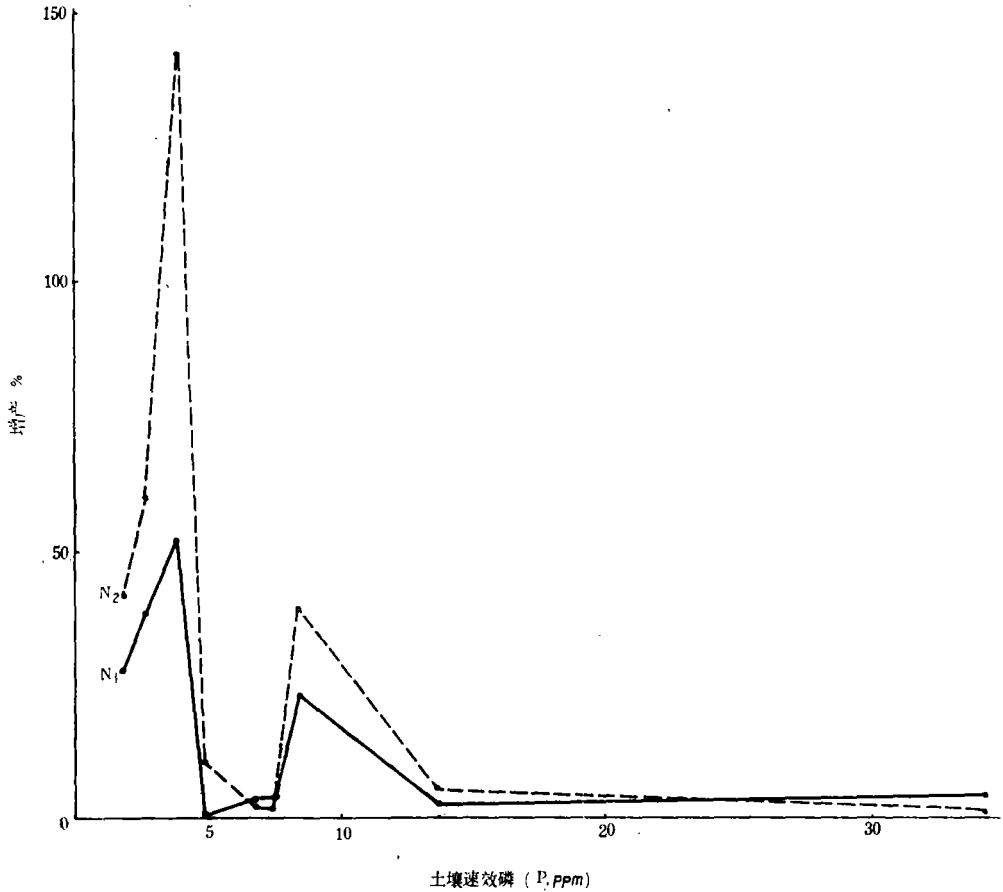


图 5 磷肥效果与土壤速效磷的关系 (0.5M NaHCO₃ 法)
(盆栽前季稻, 广陆矮四号, 1976 年)

Angladette (1964) 以稻草含磷 (P_2O_5) 0.1% (相当于 P 0.044%) 做为水稻缺磷的界限值。在我们的田间试验中, 对照区(不施磷肥区)稻草含磷量(%)都高于此值(图 3), 磷肥基本无效, 表明这个界限值也是可以采用的。在盆栽试验中(图 6), 对照区稻草含 P 在 0.05—0.1% 时, 磷肥仍然获得了明显的增产效果, 只有当稻草含 P 量超过 0.1% 时, 磷肥才无增产效果。看来, 在盆栽中由于生长条件较好, 稻草含 P% 的界限值也应高一些。

(二) 钾肥有效施用的条件

1. 氮肥水平对钾肥效果的影响。盆栽试验的结果示于图 7。在高氮条件下, 不仅钾肥的增产幅度增大, 而且, 对钾肥有反应的土壤也增多, 显示出高氮条件下钾肥的重要性, 许多作者都曾指出过这一点 (Von Uexkull, 1975; 浙江农业大学土化专业、富阳县农科所, 1976)。

2. 不同品种和季别的水稻对钾肥的反应。6 个钾肥田间小区试验中 3 个是前季稻, 有两个表现出一定的增产趋势, 增产幅度为 4.5% (39 斤) 和 5.0% (44 斤); 3 个后季稻

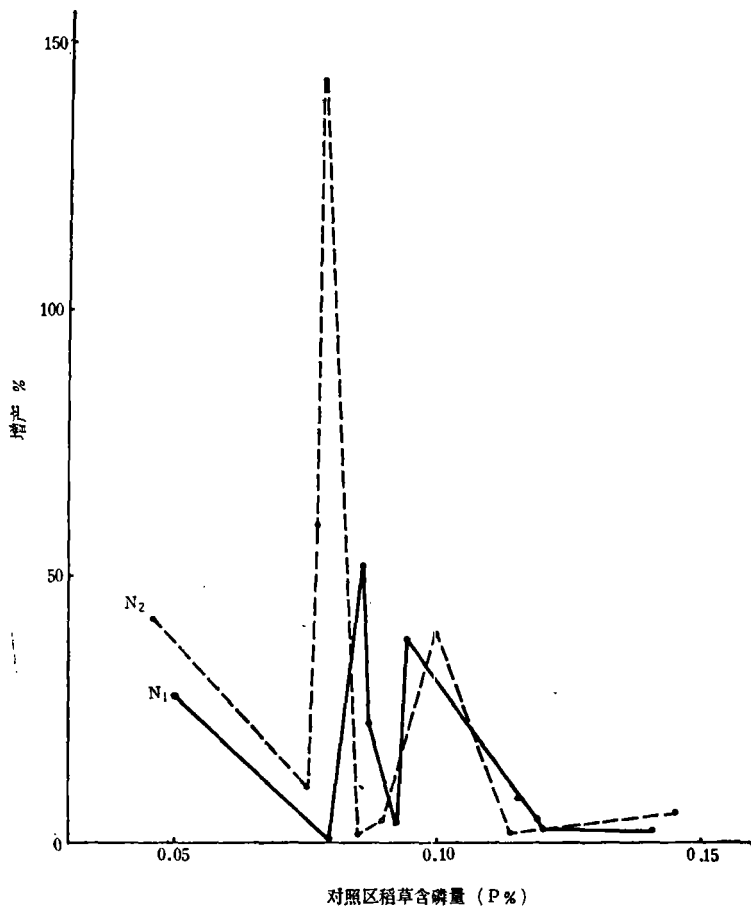


图6 磷肥效果与对照区稻草含磷量的关系
(盆栽前季稻, 广陆矮四号, 1976年)

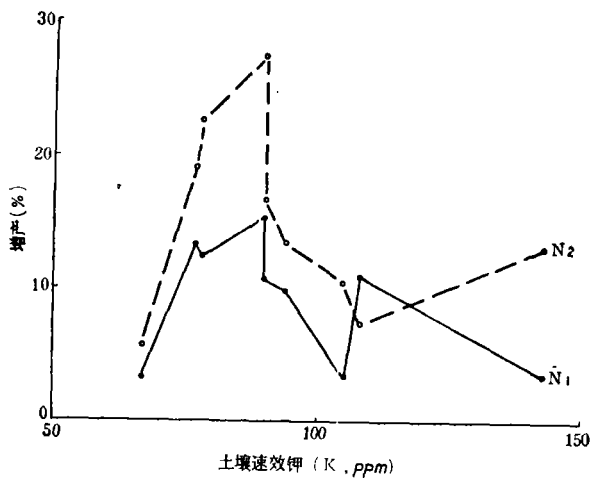


图7 钾肥效果与土壤速效钾的关系
(盆栽前季稻, 广陆矮四号, 1976年)

试验都获得了增产, 增产幅度为 6.5% (36 斤)、7.9% (47 斤) 和 27.0% (113 斤), 后者系为稻飞虱为害下的一个特殊例子。如果除去这个结果, 则前后两季水稻的绝对增产量相近, 都在 40 斤左右。在盆栽试验中进一步比较了不同品种和季别的水稻对钾肥反应的差别, 结果如表 5。无论是前季稻的广陆矮四号或二九青, 或者是杂交稻南优六号(中稻)和单季晚稻矮落, 对钾肥都有明显的反应, 而且增产幅度也相近。与田间小区试验的结果不同, 盆栽中的后季稻对钾肥的反应远大于前季稻, 看来主要是由于在盆栽中前季稻消耗了大量的土壤速效钾(表 7), 后季稻的钾素营养水平已极低的缘故。与表 4 结果相一致, 钾肥提高了每穗总粒数、实粒数和千粒重, 而空秕率则有所降低, 因此也提高了氮素的稻谷生产效率。从稻草成份来看(表 5), 前季稻不施钾的处理, 全氮皆大于 1%, 全钾低于 0.60% K, N/K 在 1.9 以上。后季稻不施钾时, 氮钾营养失调的情况更为严重。但施钾肥后, 稻草含氮量降为 0.78%, 含钾增至 2.0%, N/K 降为 0.38。

表 5 不同品种和季别的水稻对钾肥的反应 (盆栽, 无锡黄泥土, 1977 年)

品 种	处 理	每穗 总粒数	每穗 实粒数	空秕率 %	千粒重 (烘干) 克	产量(烘干)		氮素的稻 谷生产效 率 斤/斤N	稻草成分(%)			
						克/盆	%		N	K	N/K	
前 季 稻	广陆矮四号	对 照	59.3	43.1	27.3	19.9	70.1	100	37.9	1.01	0.45	2.24
		施 钾	70.0	52.9	24.2	20.5	87.9	125**	42.2	0.79	1.70	0.46
	二 九 青	对 照	62.1	37.1	40.2	18.9	56.4	100	33.5	1.22	0.60	2.03
		施 钾	76.5	48.5	36.5	19.8	74.7	134**	39.8	0.94	2.00	0.47
	南 优 六 号	对 照	89.7	43.8	41.2	21.5	59.1	100	29.4	1.13	0.59	1.92
		施 钾	111.4	70.9	36.2	21.6	79.0	134**	37.5	0.84	1.40	0.60
	矮 落	对 照	30.4	26.7	12.1	19.0	45.6	100	27.3	1.16	0.47	2.48
		施 钾	39.8	37.0	7.1	20.2	62.3	137*	30.6	0.84	0.95	0.89
后 季 稻	松 粳 二 号 (前作为广 陆矮四号)	对 照					3.8	100		3.21	0.26	12.5
		前季稻施钾					7.4	195**		2.61	0.26	10.0
		前后两季都施钾					41.2	1098**		0.78	2.04	0.38
	松 粳 二 号 (前作为二九青)	对 照					6.3	100		3.25	0.24	13.5
	前季稻施钾					13.6	216**		2.29	0.27	8.45	

注: 供试土壤含缓效钾 19.6 毫克 K/100 克土, 速效钾 (K) 93ppm。每盆栽风干土 6 公斤。各处理皆施 1.0 克 P_2O_5 和 1.5 克 N, 施钾处理用量为 K_2O 1.2 克。4 个重复。

* 达到 5% 显著水准, ** 达到 1% 显著水准。

3. 烤田对钾肥效果的影响。为了明确烤田对钾肥效果的影响, 1977 年在田间利用无底塑料筒进行了微区试验, 结果如表 6。钾肥提高了根系对 P^{32} 的吸收能力, 体内累积的 N、P、K 量有所增加, 含 K% 也明显增高, 增产显著。在这些方面, 烤田也有一定的作用, 但其影响程度比钾肥要低一些(烤田不施钾肥区比不烤田施钾肥区产量低 19 克, 达到 5% 显著水准), 但是, 在烤田的基础上施钾肥, 则钾肥的效果即消失(烤田施钾肥区比不烤田

表 6 烤田及钾肥的作用 (田间微区, 前季稻广陆矮四号, 1977 年)

处 理	稻草成份 (%)				地上部分累积量(克/微区)			根系对 P ³² 的吸收(脉冲数/分)	产量(克/微区)	增产 (%)
	N	P	K	N/K	N	P	K			
对 照 (不烤田、不施钾)	0.97	0.112	1.76	0.55	4.16	0.825	2.82	4162	179	
烤田、不施钾	1.06	0.102	1.72	0.62	4.79	0.814	3.21	4594	200	11.7*
不烤田、施钾	1.02	0.110	2.35	0.43	5.14	0.987	4.47	7029	219	22.3**
烤 田、施 钾	1.07	0.110	1.79	0.60	5.07	0.968	3.62	5532	204	14.0*

注: (1) 试验用直径 60 厘米、高 23 厘米的无底塑料筒, 埋入土中 18 厘米(耕层厚 12 厘米), 筒内栽稻 21 穴, 每穴 5 苗, 三个重覆, 区组随机排列。在 6 月 11—18 日大田烤田时进行筒内烤田处理, 不烤田区每天人工灌水, 保持水层。各处理皆以过磷酸钙 50 斤/亩、硫酸铵 70 斤/亩为底, 钾肥处理施氯化钾 20 斤/亩。

(2) P³² 于 7 月 15 日埋入表土一寸处, 20 天后采样测定, 各处理样株的干重相近(14.3—15.5 克)。埋入剂量为 50 μ C。

(3) 供试黄泥土全氮(N)0.171%, 速效磷(P)28ppm, 速效钾(K)89ppm。

(4) * 达到 5% 显著水准, 其界限差为 15.3 克; ** 达到 1% 显著水准, 其界限差为 21.5 克。

表 7 种稻前后土壤中不同形态钾素含量的变化 (盆栽, 无锡黄泥土, 毫克 K/6 公斤土)

品 种	缓 效 钾			速 效 钾			地上部分 累积钾 (C)	C-B	B/C (%)
	种稻前	种稻后	增 减 (A)	种稻前	种稻后	减少量 (B)			
广 陆 矮 四 号	1230	1316	+86	522	128	394	452	58	87.2
二 九 青	1171	1229	+58	505	157	348	444	96	78.3
南 优 六 号	1317	1357	+40	493	139	354	763	409	46.4
矮 落	1183	1108	-75	493	133	360	628	268	57.3

注: 试验方法见表 5, 地上部分累积钾量为已扣除秧苗钾量的净吸收量。

施钾肥区反而低 15 克, 但未达统计显著水准)。表明烤田与钾肥之间有明显的负交互作用, 其原因值得进一步研究。

4. 水稻对土壤中不同形态钾素的吸收利用。兹将表 5 试验中的对照区土壤, 在种稻前后速效钾和缓效钾量的变化, 以及地上部分吸收钾量的结果列于表 7。地上部分吸收钾量(C)都远超过种稻后速效钾的减少量(B), 表明水稻吸收利用了相当多的非代换性钾, 但是, 用 N HNO₃ 法不能检测出来。此外, 生长期长的矮落或同时耐肥性也较高的南优六号, 其所吸收的总钾量和非代换性钾量(C-B)都远高于生长期较短的广陆矮四号和二九青, 表明前者对速效钾的依赖性相对较低, 对非代换性钾的依赖性则相对较高。

5. 有效施用钾肥的指标。南京土壤研究所钾肥组(1975)在评价较大范围内不同类型土壤的供钾能力时, 建议采用缓效钾与速效钾相结合的办法, 缓效钾在 30 毫克 K₂O/100 克土(相当于 25 毫克 K/100 克土)以下, 速效钾在 8 毫克 K₂O/100 克土(相当于 6.6 毫克 K/100 克土)以下时, 钾肥效果显著。我们进行田间试验的黄泥土, 其缓效钾的含量

在 20.8—27.9 毫克 K/100 克土之间(表 3),基本上属于低的水平,但是速效钾的含量却在 6—9 毫克 K/100 克土之间(图 4),基本上皆高于上述界限值,因此,应属钾素供应能力中等的土壤,钾肥可望有一定的增产效果,但不甚显著,这与田间试验的结果是一致的。在盆栽试验中,在 N_1 水平下,速效钾在 10.8 毫克 K/100 克土以下时,钾肥都表现出一定的增产效果(图 7),因此,对本地区来说,在当前的产量水平下,以 10 毫克 K/100 克土速效钾的含量作为判断钾肥是否可能有效的界限值似乎是比较恰当的。

关于水稻缺钾时的稻草含钾量界限值,柳沢和高桥(1964)提出的是 1.5% K_2O (1.25% K), Angladette (1964) 提出的是 1.0% K_2O (0.83% K)。在我们的田间试验中,还很难确定一个比较恰当的界限值(图 4)。在盆栽试验中(图 8),在 N_1 水平下,稻草含 K 低于 1.1% 时,钾肥都表现出一定的增产效果,高于 1.35% 时,则钾肥都无明显增产效果。从

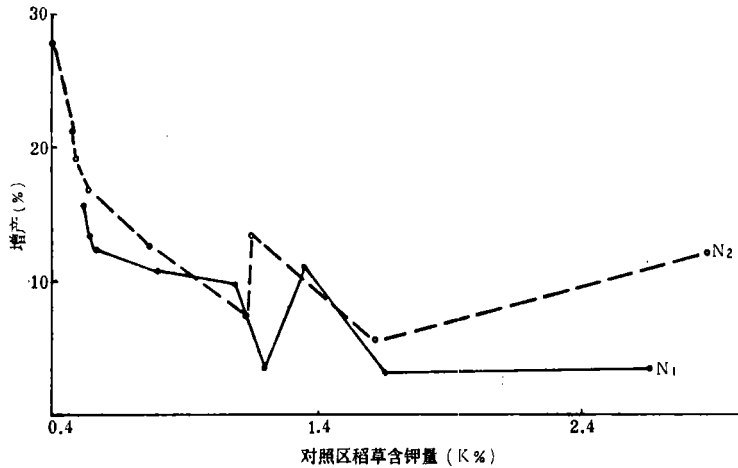


图 8 钾肥效果与对照区稻草含钾%的关系
(盆栽前季稻,广陆矮四号,1976年)

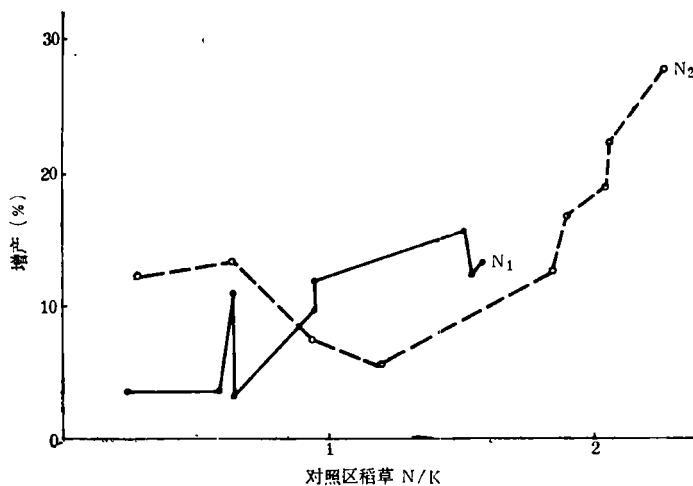


图 9 钾肥效果与对照区稻草 N/K 的关系
(盆栽前季稻,广陆矮四号,1976年)

稻草的 N/K 来看(图 9),在盆栽试验的 N_1 组中,当 N/K 大于 0.95 时,钾肥都表现出一定的增产效果,当 N/K 低于 0.6 时,则钾肥无效。因此,稻草的含 K% 和 N/K 也可以做为水稻钾素营养水平和氮钾营养协调与否的参考指标。

(三) 硅肥的效果 Okuda 和 Takahashi (1964) 认为,施用硅肥可能可以提高水稻的氮肥用量。几年来我们在田间和盆栽试验中,对高氮肥下硅肥的效果也做了一些观察。如前所述,在某些情况下,硅肥(高炉渣,或硅镁钾肥以氯化钾为对照,硅肥用量为每亩 300 斤)确实表现出一定的增产效果。盆栽试验的结果列于表 8。在盆栽试验中,硅肥的作用不明显,尽管稻草的含硅量都较低[低于 Angladette (1964) 提出的 10% SiO_2 的界限值,和今泉、吉田 (1958) 的 11% SiO_2 的界限值],这似与盆栽条件下通风透光条件较好有关。但是,在 4 个小区试验中有两个表现出增产(分别增产 7.4% 和 12.1%),而对照区稻草的含硅量分别为 12.5 和 12.9% SiO_2 ,都已高于上述界限值。从土壤有效硅含量来看也是这样,硅肥有效的这两个土壤,其有效硅含量分别为 10.3 和 23.8 毫克 $SiO_2/100$ 克土,后者已远超过今泉和吉田 (1958) 提出的 13 毫克 $SiO_2/100$ 克土的界限值。看来,关于高产水稻在高氮肥下硅肥有效施用的条件和指标问题,尚待进一步的研究。

表 8 硅肥效果(盆栽,前季稻广陆矮四号,1976 年)

采土地点	土壤名称	N_1 水 平		N_2 水 平	
		增产(%)	对照区稻草 SiO_2 (%)	增产(%)	对照区稻草 SiO_2 (%)
沙 洲	沙 土	-5.7	9.16	7.1	6.68
	夹 沙 土	8.3	11.8	4.4	10.3
	黄 泥 土	3.3	5.25	1.3	5.40
无 锡	白 土	7.7	8.32	2.7	7.45
	黄 泥 土	5.4	4.55	5.4	4.40
	赭 血 黄 泥 土	6.4	6.89	1.8	6.23
吴 江	青 紫 泥	0.8	4.43	6.0	5.06
	小 粉 土	1.6	5.82	3.8	4.99
	灰 土	1.2	5.61	-1.7	5.42

注: 试验方法见表 3。

参 考 文 献

- 中国科学院农业丰产研究丛书编委会, 1961: 丰产水稻的土壤环境。430 页, 科学出版社。
- 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978: 中国土壤。368 页, 科学出版社。
- 中国科学院南京土壤研究所钾肥组, 1975: 江苏不同土壤上钾肥肥效的研究。土壤, 第 3 期, 119—127。
- 刘茂林等, 1965: 太湖地区黄泥土三要素肥料定位试验。土壤学报, 13: 337—339。
- 浙江农业大学土化专业、富阳县农科所, 1976: 关于糊田稻叶褐斑症的研究——糊田稻叶褐斑症的形态特征、发病因素和化学诊断法。土壤, 第 1 期, 45—52。
- 奚振邦等, 1978: 双季稻的吸肥高峰与挥发性氮肥全层施用研究。土壤学报, 15: 113—125。
- 今泉吉郎、吉田昌一, 1958: 水田土壤の珪酸供給力に关する研究。日农技研(化学), No. 8: 261—304。
- 出开嘉光, 1975: 水田における有機物の集積と分解。日土肥, 46: 251—254。
- 坂上行雄, 1975: 本邦水田土壤の地力窒素に対する玄米重の依存性。日土肥, 46: 275—279。
- 柳沢宗男、高橋治助, 1964: 水田の生産力要因の解析に关する營養生理学研究。日技研土壤肥料 14 号, 41—162。
- 鬼鞍 豊等, 1975: 稻作期における土壤窒素の有效化過程。日土肥, 46: 255—259。

- Angladette, A., 1964: Nutritional Status as Indicated by Plant Analysis. The Mineral Nutrition of the Rice Plant, 355—372, Johns Hopkins Press, Baltimore Maryland.
- Okuda, A. and Takahashi, E., 1964: The Role of Silicon. Ibid. 123—146.
- Von Uexkull, H. R., 1975: Response of HYV Rice to Potassium. Result of Long Term Fertilizer Trials in the Philippines. *cf. Soils and Fertil.* 1976, 39: 6543.

SOIL NUTRITION STATUS UNDER “RICE-RICE-WHEAT” ROTATION AND THE RESPONSE OF RICE TO FERTILIZERS IN SUCHOW DISTRICT

Chu Chao-liang, Liao Hsian-ling, Tsai Kuei-shih
and Yu Chin-chou

(*Nanking Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

Summary

1. Because the growing period of rice under “rice-rice-wheat” rotation, as compared with that under “rice-wheat” rotation, is greatly shortened, the amount of nitrogen mineralized in soil absorbed by rice plant is diminished to such a considerable extent that the need on fertilizer nitrogen has to be increased significantly. At the same time, the lower rate of mineralization of soil nitrogen under low temperature in the early stage of early rice can not meet the need of higher nitrogen absorption rate of early rice at that time, and it is indispensable to increase nitrogen fertilizer applied in the early stage of early rice.

2. Field experiment showed that the nitrogen content of rice straw was 0.9—1.4 per cent, and there was a significant positive correlation between the percentage of nitrogen in straw and the empty rate of grains. Therefore, the rational application of nitrogen and the consideration of nutrition balance are of primary importance.

3. In a medium level of nitrogen applied in this district, the best response of rice to phosphorus fertilizer is found in infertile soils, while a good response to potassium fertilizer is found in fertile soils. In higher level of nitrogen, with the increasing need of phosphorus and potassium, sometimes, the good response to fused silicates can be also found.