

氮钾平衡与条纹型水稻赤枯病 发生关系的研究^{*}

李 华 兴^{**}

(土化系)

提 要

条纹型水稻赤枯病在广东梅县已发生多年,一直被误认为是土壤反酸和缺少氮肥所致,因而采取施用石灰和大量化学氮肥,结果反使病情加重,产量下降,有时甚至失收。为查明该病发生之原因及对其发病的特征进一步观察,作者对发病土壤和稻株进行了化学分析,并取土进行了盆栽试验。研究结果表明:(1)发病土壤和植株严重缺钾。(2)凡发病的植株,其叶片(顶叶往下第3片叶)的 K_2O/N 值在0.42以下,可溶性氮与蛋白氮之比率在0.8%以上,而正常植株的叶片 K_2O/N 值则在0.5以上,可溶性氮与蛋白氮之比率在7.1%以下。施钾能提高叶片的 K_2O/N 值及蛋白氮含量,降低可溶性氮含量,对于防治该病及水稻的增产均具有显著的效果。(3)稻株的 K_2O/N 值受土壤速效钾、氮比值的支配,两者呈显著的二次曲线相关。而水稻产量则与分蘖盛期植株的 K_2O/N 值关系密切,植株 K_2O/N 值过低或过高,都不能获得最高产量。(4)本研究发现的赤枯病,与目前文献报道的几种类型水稻赤枯病在一些症状上有较大的差异。而主要区别在于这种病害的发生,首先是叶尖的中脉与侧脉先后变成黑褐色,然后在变色的叶脉两侧出现褐棕色的针尖状小斑点。最后叶脉间的叶肉组织变成淡黄(或灰白)色,而叶脉保持褐色,结果使发病叶片呈褐黄(或白)相间的条纹状。为区别于其它类型赤枯病,拟称之为条纹型水稻赤枯病。据调查,此病在梅县、蕉岭、罗定等地石灰性水稻土中广泛发生,造成严重减产。(5)显微镜观察揭示出,病叶褐色物质的产生限于叶肉细胞,而维管束、维管束鞘及运动细胞均无发生颜色变化。

前 言

水稻赤枯病,在我国有些地方又称之为稻叶褐斑病,是一种生理性病害。早在四十年代末日本首先发现此病。在我国,由于水稻单产和复种指数的提高及氮、磷肥,特别是氮肥的施用量迅速增加,近年来各地也相继有关于发生此病的报道^{[1][2][4][5]},有些地区发病面积颇大,损失不小^{[1][2]}。

关于水稻赤枯病的研究,日本已有许多文献报道^{[8][9][10][11][12][13][15]}

^{*} 本研究是在谢中教授指导下完成的,协助指导还有李金培付教授。文中赤枯病的发病期与特征部分承蒙黎毓干教授审阅,谨此致谢!

^{**} 1978—1981年研究生

〔17〕〔18〕, 并着重于病征的描述、发病的环境因素、生理生化变化及防治措施方面的研究。日本学者根据赤枯病的症状及发病的原因, 把赤枯病划分为三种类型, 施钾能防治的有赤枯-I型 (Akagare Type I), 而与缺钾有关, 但单施钾肥又不能防治的有赤枯-II型 (Akagare Type II) 和赤枯-III型 (Akagare Type III)〔14〕。我国目前对于水稻赤枯病的研究多偏于发病原因及防治措施方面的研究, 而对于赤枯病的类型尚未给予注意, 至目前为止, 仍未见与缺钾有关而发生的其它类型赤枯病的报道。

本文研究的水稻赤枯病是1979年在梅县梅江公社发现的, 其病征与目前一些文献〔1〕〔2〕〔4〕〔5〕〔14〕所报道的不很一致, 但其发病的土壤环境因素却与这些文献报道的较为接近。根据当地反映, 此病已发生多年, 由于误认为是土壤反酸和缺少氮肥所引起, 因而施用石灰和大量的化学氮肥, 结果使病情加重, 造成水稻严重减产, 有时甚至失收。为查明该种水稻赤枯病发生的原因, 我们对发病的土壤及水稻植株进行了化学分析。结果表明, 土壤全钾 (K_2O) 和速效钾 (K_2O) 量分别为0.42%和37.1ppm, 植株含钾 (K_2O) 0.19%, 均属严重缺钾, 而植株的氮、磷 (P_2O_5) 含量则分别为1.2%和0.36%。1979年冬季对小麦和蚕豆进行的钾肥探索试验结果表明, 钾肥对上述两种作物都具有十分显著的增产作用。因此, 初步认为该种水稻赤枯病发生的原因, 主要是由于土壤钾素不足和稻株体内钾氮比例失调所引起的。为进一步证实这种设想, 并对该病发生的特征作深入的观察, 于1980年进行了不同钾、氮肥配比的盆栽试验。现将试验的经过和结果报告如下:

材 料 和 方 法

试验是在本院玻璃网室中进行的。供试土壤采自梅县梅江公社三角大队排水状况为中等的发病稻田耕层 (0—13公分)。每盆装风干土13公斤。

土壤的理化性质 全氮、磷 (P_2O_5)、钾 (K_2O) 含量分别为0.139%、0.111%和0.67%; 速效氮、磷 (P_2O_5)、钾 (K_2O) 分别为26.9、28.4和39.6ppm; 缓效钾 (K_2O) 为95.8ppm; 有机质含量为2.75%; pH8.1; <0.01mm及<0.001mm的粒级分别为33.5%和11.9%, 属中壤土。

试验设计 在固定磷肥施用量的基础上, 进行氮、钾两个因子各三个水平的复因子试验, 共九个处理, 三次重复。试验连续进行一年, 即在早造收获后, 在原来的盆上继续进行晚造试验。所用的肥料均为化学肥料。晚造各处理除氮肥用量比早造提高一倍外, 其它肥料用量与早造相同 (表1)。

施肥时间 基肥的施用是在插秧前七天与土壤充分混匀, 追肥时间早造是4月11日, 晚造是8月11日, 即在水稻分蘖前一次施完。

供试品种及插植规格 早、晚造供试品种均采用梅县当地的早中熟种“朝阳18号”。每盆插18苗。早造3月9日播种, 4月4日移植, 7月16日收获, 晚造7月11日播种, 8月5日移植, 11月6日收获。

• 收获期测定的结果

表 1

早、晚造肥料用量与用法

单位: 克/盆

处 理 代 号		硫 酸 铵		氯 化 钾		过磷酸钙	养 分 配 比 (N : P ₂ O ₅ : K ₂ O)
		基 肥	追 肥	基 肥	追 肥	全 作	
		(占60%)	(占40%)	(占60%)	(占40%)	基 肥	
早 造	N ₁ PK ₀	0.9	0.6	0	0	4.85	0.5 : 1 : 0
	N ₂ PK ₀	1.8	1.2	0	0	〃	1 : 1 : 0
	N ₃ PK ₀	3.6	2.4	0	0	〃	2 : 1 : 0
	N ₁ PK ₁	0.9	0.6	0.61	0.40	〃	0.5 : 1 : 1
	N ₂ PK ₁	1.8	1.2	0.61	0.40	〃	1 : 1 : 1
	N ₃ PK ₁	3.6	2.4	0.61	0.40	〃	2 : 1 : 1
	N ₁ PK ₂	0.9	0.6	1.21	0.81	〃	0.5 : 1 : 2
	N ₂ PK ₂	1.8	1.2	1.21	0.81	〃	1 : 1 : 2
	N ₃ PK ₂	3.6	2.4	1.21	0.81	〃	2 : 1 : 2
晚 造	N ₁ PK ₀	1.8	1.2	0	0	〃	1 : 1 : 0
	N ₂ PK ₀	3.6	2.4	0	0	〃	2 : 1 : 0
	N ₃ PK ₀	7.2	4.8	0	0	〃	4 : 1 : 0
	N ₁ PK ₁	1.8	1.2	0.61	0.40	〃	1 : 1 : 1
	N ₂ PK ₁	3.6	2.4	0.61	0.40	〃	2 : 1 : 1
	N ₃ PK ₁	7.2	4.8	0.61	0.40	〃	4 : 1 : 1
	N ₁ PK ₂	1.8	1.2	1.21	0.81	〃	1 : 1 : 2
	N ₂ PK ₂	3.6	2.4	1.21	0.81	〃	2 : 1 : 2
	N ₃ PK ₂	7.2	4.8	1.21	0.81	〃	4 : 1 : 2

田间管理 追肥后中耕一次。灌溉水用自来水, 整个水稻生长期保持约 2 公分的田面水层。

样本的化学测定方法

1. 土壤: 全氮——重铬酸钾—硫酸消化法; 全磷——氢氧化钠—钼锑抗比色法; 全钾——氢氧化钠碱溶, 火焰光度法; 速效氮——20%氯化钠抽提, 锌—硫酸亚铁还原, 蒸馏法定氮; 速效磷——碳酸氢钠法; 速效钾——1 N醋酸铵抽提, 火焰光度法; 缓效钾——1 N硝酸消煮10分钟抽提的钾量(火焰光度法), 减去速效钾的数量; pH——水土比为1 : 1, 雷磁25型酸度计测定; 土壤机械组成——0.5N 六偏磷酸钠作分散剂, 简易比重计法。

2. 植株及叶片: 样本经硫酸—过氧化氢消化后所得的系统液, 蒸馏法定氮, 钾用火焰光度法。叶片蛋白氮用5%三氯乙酸沉淀、振荡1小时, 过滤并弃去滤液, 用硫酸—过氧化氢消化, 蒸馏法定氮, 所得的蛋白氮用全氮量减之, 即为可溶性氮。

结 果 和 讨 论

(一) 条纹型水稻赤枯病的发病期与特征

1. 发病期: 据观察, 早、晚两造水稻开始发病的时间均在分蘖盛期, 即早造约在

5月4日,晚造约在8月20日。但从秧苗的移植到水稻发病开始的时间距离来看,晚造比早造的要来得短,约相差15天。梅县、肇庆两地区的调查情况也表明,这类赤枯病的发生时间也多从分蘖始期或分蘖盛期以后,并且早熟品种比迟熟品种发病要早。由此看来,此病发生的时间与水稻生育期的关系较为密切。

2. 发病特征: 早、晚造水稻的发病特征无任何差异。病株明显矮小,根赤褐色,新根少而弱,发病前叶色暗绿。在分蘖期发病,主要是从低位老叶开始,此时上位叶常有几片保持绿色,但抽穗后则所有叶片都发病。叶片的发病过程,用肉眼从表面来看,是叶尖的中脉及侧脉开始先后变成黑褐色,然后在变色的叶脉两侧及叶缘出现褐棕色的针尖状小斑点(经鉴定,小斑点非病菌所致),以后这种小斑点从叶脉两侧继续向外扩展。随着叶脉从叶尖向基部逐渐变褐,病斑也随之产生,最后叶脉间的病斑逐渐相联结,并且由褐棕色变成淡棕色至灰黄色(或灰白色)而干枯,而叶脉则仍保持褐色,结果使病叶呈褐黄(或白)相间的条纹状。但在显微镜下观察病叶横切片,则所谓叶脉变褐,仅仅是维管束鞘外围的叶肉细胞呈褐色,而维管束、维管束鞘及运动细胞均未见有任何褐色物质。根据对不同发病程度叶片横切面的显微观察及上述叶片表面病斑扩展的趋势,可以初步认为,褐色物质都是从紧靠着维管束鞘外围的叶肉细胞首先产生和向外扩展的。至于后期发病叶片变成褐黄(或白)相间的条纹状,可能是由于叶脉周围的叶肉组织靠近导管,在叶片未彻底干枯之前,使这部分细胞仍处于湿润状态,加上这部分组织厚,因而显示出较深的颜色,而叶脉间的叶肉组织,一是由于该部位组织薄,二是由于距输导组织远,叶肉组织含水量少,呈干枯状态,由于这两种原因,而使颜色变浅。

上述这种水稻赤枯病症状与梅县当地及蕉岭、罗定等地石灰性土壤上产生的水稻赤枯病症状相一致,并且与新兴县环城公社的一种严重缺钾(速效钾 26.7ppm^*)的非石灰性土壤上所产生的水稻赤枯症状也较为相似。在我们的试验及调查中发现,即使是不同的水稻品种,如朝阳18号、桂朝2号、广二104及青二矮等,其症状也没有差异。这种类型水稻赤枯病有些特征,例如稻株开始发病时病斑出现的部位、小斑点的特点及水稻开始发病的时间,与目前一些文献^{[1][4][5][14]}所报道的几种类型赤枯病以及我们在高要等地看到的较相似。但有些症状差异较大,如叶片发病时不同组织病变的先后次序及特点等。为区别于其它类型赤枯病,根据此病的特征,拟称之为条纹型水稻赤枯病(或叶脉型水稻赤枯病)。

3、褐色斑点形成的机制问题: 关于赤枯病叶片中褐色物质(在叶面上看到的褐色斑点)形成的机制,马场等^[14]解释为,缺钾的叶呼吸旺盛,细胞色素氧化酶系统被更换为产生过氧化氢的其它一些酶系统,提高过氧化物酶的活性,多酚化合物被氧化成醌,与氨基酸化合后,再遇金属(例如铁)则成褐色物质。本文对此未作研究,但上述显微镜观察到的结果表明,由于褐色物质的产生局限于叶肉细胞内,并且有自维管束鞘外围叶肉细胞首先产生、随之向外扩展的趋势,而其它一些能同样进行呼吸作用及多种代谢的薄壁组织均无褐色物质,因此,褐色物质的形成,可能不是单纯由于呼吸过程中

*当地的测定结果

酶系统的变更而导致酚类物质发生变化所引起的。

(二) 氮钾平衡与条纹型水稻赤枯病发生的关系

1. 氮、钾肥不同配比对土壤和水稻养分含量的影响: 试验研究了不同氮、钾肥对比对氮、钾两种元素在土壤中存在的速效水平及水稻对这两种养分吸收的影响。表2表明, 在早、晚两造中, 氮肥水平相同的处理, 土壤中的速效氮含量随着钾肥施用量的增加而下降, 但在钾肥水平相同的处理中, 氮肥施用得少 (N_1) 或多 (N_3), 土壤中的速效钾含量有比中等氮量 (N_2) 处理的要高的趋势, 这种现象在晚造中表现得更为明显。这表明, 钾有促进水稻吸收氮的作用, 而氮过多或过少, 则减少水稻对钾的吸收。

从水稻吸收氮、钾的情况来看, 这两种元素在稻体内的相互关系表现为彼此降低在稻株中的含量(表2)。此外, 我们还发现, 稻体中的氮、钾含量不仅受到土壤中氮、钾供应水平的影响, 而且其体内的 K_2O/N 也受到土壤中速效钾与速效氮的比例支配。根据对分蘖盛期土壤中速效氮、钾含量及水稻体内氮、钾含量的统计分析表明, 土壤中的 K_2O/N (速效钾与速效氮之比值, 下同) 与稻株或叶片的 K_2O/N 呈极显著的二次曲线相关(图1、2)。土壤中的 K_2O/N 值超过一定的限度后, 稻株或叶片的

表2 氮、钾肥不同配比对土壤和植株氮、钾含量的影响

处 理 代 号		土 壤				植 株(地上部)		
		pH	速效N (ppm)	速效 K_2O (ppm)	K_2O/N	N (%)	K_2O (%)	K_2O/N
早 造	N_1PK_0	7.5	10.7	27.3	2.55	2.67	1.75	0.66
	N_1PK_1	7.6	9.1	37.0	4.07	2.51	3.71	1.48
	N_1PK_2	7.5	8.5	63.2	7.44	2.44	4.30	1.76
	N_2PK_0	7.6	13.4	22.5	1.68	3.08	1.73	0.56
	N_2PK_1	7.5	9.7	36.1	3.72	2.99	3.63	1.21
	N_2PK_2	7.5	9.0	56.4	6.27	2.97	4.21	1.42
	N_3PK_0	7.6	22.0	25.7	1.17	3.60	1.67	0.46
	N_3PK_1	7.4	20.8	36.7	1.76	3.39	3.51	1.04
	N_3PK_2	7.4	14.7	60.2	4.10	3.30	4.17	1.26
晚 造	N_1PK_0	7.0	16.4	27.8	1.70	3.83	1.43	0.37
	N_1PK_1	7.1	10.5	49.4	4.70	3.56	4.24	1.19
	N_1PK_2	7.0	9.5	106.6	11.22	3.71	4.91	1.32
	N_2PK_0	7.1	19.9	24.2	1.22	3.98	1.32	0.33
	N_2PK_1	7.1	14.0	45.3	3.24	3.87	4.00	1.03
	N_2PK_2	7.0	12.6	98.3	7.80	3.83	4.56	1.19
	N_3PK_0	7.0	44.3	25.8	0.58	4.59	1.21	0.26
	N_3PK_1	7.1	35.8	64.6	1.80	4.39	3.24	0.74
	N_3PK_2	7.0	33.8	112.1	3.32	4.22	3.90	0.92

注: ①土壤与植株间时取样。早、晚造取样时间分别为5月7日和8月23日。

②pH测定: 取土回实验室直接用雷磁25型酸度计测定。

K_2O/N 就不再增大而开始下降的现象, 表明土壤中低氮高钾时, 也会减少水稻对钾的吸收。这种现象与上述的氮肥施用量少时, 土壤中的速效钾水平偏高的状况是吻合的。

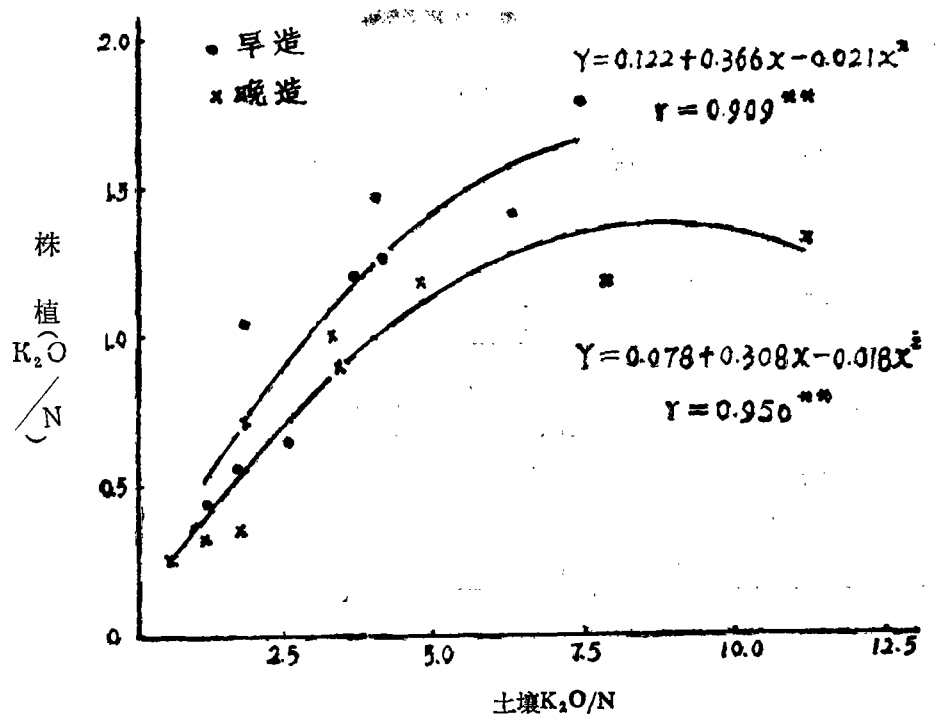


图1 土壤 K_2O/N 与植株 K_2O/N 的关系

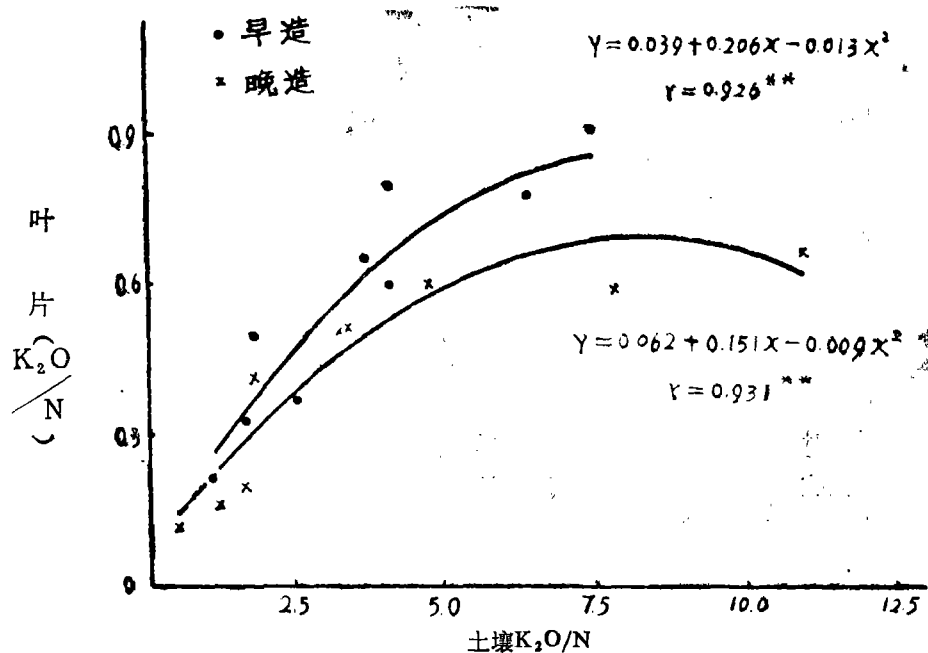


图2 土壤 K_2O/N 与叶片 K_2O/N 的关系

上述的研究结果表明,氮、钾在水稻的生长中具有明显的相互作用。因此,过去该地区在缺少钾肥的情况下,在这种土壤中偏施氮肥,不但造成肥料经济效益的降低,而且往往由于水稻生长受到障碍(表3、图3),这是当地过去在水稻生产中存在的主要问题之一。

表3 氮、钾不同配比对水稻生长及氮素吸收的影响

钾 肥	氮 肥	植 株 干 重 (毫克/株)	水 稻 吸 N 量 (毫克/株)
K ₀	N ₁	220	8.4
	N ₂	181	7.2
	N ₃	153	6.1
K ₁	N ₁	303	10.8
	N ₂	291	11.3
	N ₃	287	12.6
K ₂	N ₁	321	11.9
	N ₂	318	12.2
	N ₃	303	12.8

注:晚造(8月30日)分析的结果

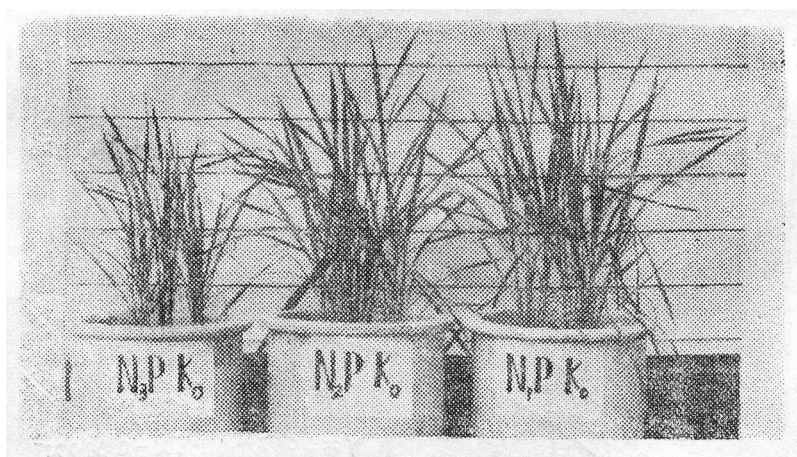


图3 缺钾增氮对水稻生长的影响(晚造)

2. 氮钾平衡对水稻生理变化的影响及其与条纹型水稻赤枯病发生的关系:水稻生理病害的发生,往往是由于某些营养元素的不足或过剩的毒害,从而导致稻体内某些代谢紊乱所引起的。本试验供试土壤的全钾(K₂O)和速效钾(K₂O)含量分别为0.67%和39.6ppm,与国内目前一些文献^{[3][6][7]}关于水稻土钾含量的丰缺指标相比,均属缺乏或严重缺乏。试验结果(表4)表明,凡是不施钾肥的处理,都不同程度地发生条纹型水稻赤枯病,而施钾肥的处理,则对于防治该病具有极其显著的效果。但是,

如果钾肥施得少, 而又大量增施氮肥, 例如晚造的 N_3PK_1 , 仍会出现赤枯症状。从表 4 可以看出, 钾能防止这种病害发生的原因, 主要是与钾能提高水稻的 K_2O/N 值及其影响水稻的氮代谢有关。在早、晚两造的分蘖期间, 水稻叶片中可溶性氮随着氮肥施用量的增加而提高, 而钾则降低叶片中可溶性氮含量, 提高蛋白氮含量。统计表明, 叶片中的可溶性氮与总氮量呈显著的正相关, 而与钾的含量则呈极显著的负相关(图 4、5)。

表 4 氮、钾肥不同配比对水稻生理的变化及条纹型水稻赤枯病发生的影响

处 理 代 号		叶 片 化 学 成 分 的 变 化*						发 病 程 度 (%)
		N (%)	K_2O (%)	蛋白N (%)	可溶性N (%)	K_2O/N	可溶性N 蛋白N(%)	
早 造	N_1PK_0	3.87	1.43	3.52	0.35	0.37	9.94	20.2
	N_2PK_0	4.30	1.40	3.87	0.43	0.33	11.11	26.1
	N_3PK_0	5.03	1.06	4.18	0.85	0.21	20.33	33.5
	N_1PK_1	3.77	3.00	3.60	0.17	0.80	4.72	正常
	N_2PK_1	4.16	2.69	3.96	0.20	0.65	5.05	正常
	N_3PK_1	4.70	2.35	4.39	0.31	0.50	7.06	正常
	N_1PK_2	3.67	3.33	3.53	0.14	0.91	3.97	正常
	N_2PK_2	4.10	3.16	3.92	0.18	0.77	4.59	正常
	N_3PK_2	4.55	2.71	4.32	0.23	0.60	5.32	正常
晚 造	N_1PK_0	4.43	0.88	3.90	0.53	0.20	13.59	50.0
	N_2PK_0	4.81	0.76	4.21	0.60	0.16	14.25	59.0
	N_3PK_0	5.37	0.65	4.19	1.18	0.12	28.16	70.0
	N_1PK_1	4.33	2.60	4.13	0.20	0.60	4.84	正常
	N_2PK_1	4.69	2.40	4.41	0.28	0.51	6.35	正常
	N_3PK_1	4.97	2.07	4.60	0.37	0.42	8.04	16.2
	N_1PK_2	4.32	2.84	4.20	0.12	0.66	2.86	正常
	N_2PK_2	4.58	2.68	4.43	0.15	0.59	3.39	正常
	N_3PK_2	4.90	2.50	4.70	0.20	0.51	4.26	正常

* 测定的样本为顶叶往下第 3 张叶片; 取样时间见表 2。

** 发病叶占总叶的百分数; 调查时间均为发病后第 10 天。

从发病的稻株与其体内化学成分变化的关系来看, 在水稻分蘖期间, 凡是发生条纹型水稻赤枯病的稻株, 其叶片中的 K_2O/N 值均在 0.42 以下, 可溶性氮与蛋白氮的比率在 8.0% 以上, 但正常植株叶片的 K_2O/N 值则在 0.5 以上, 可溶性氮与蛋白氮比率在 7.1% 以下。上述发生赤枯病水稻叶片的 K_2O/N 值与日本的赤枯-I 型病叶的 K_2O/N 值 (0.5 以下)^[14]较为接近。根据本试验的结果, 初步可以认为, 在该种土壤上发生的条纹型水稻赤枯病, 主要是由于土壤的钾素供应不足, 稻体内的钾氮比例严重失调, 从而导致氮素代谢发生紊乱诱发所致。梅县等地的大田调查证明, 施草木灰或化学钾肥对

于防治这种类型赤枯病都具有显著的作用。至于该种水稻赤枯病症状与目前文献报道的几种类型赤枯病症状差异的原因,则有待于进一步研究。

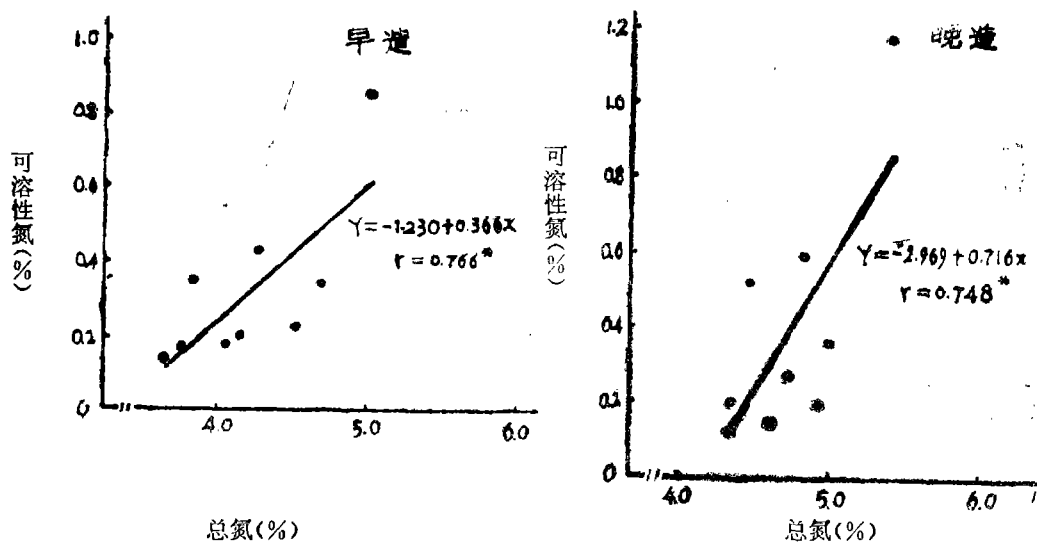


图4 叶片中总氮与可溶性氮含量的关系

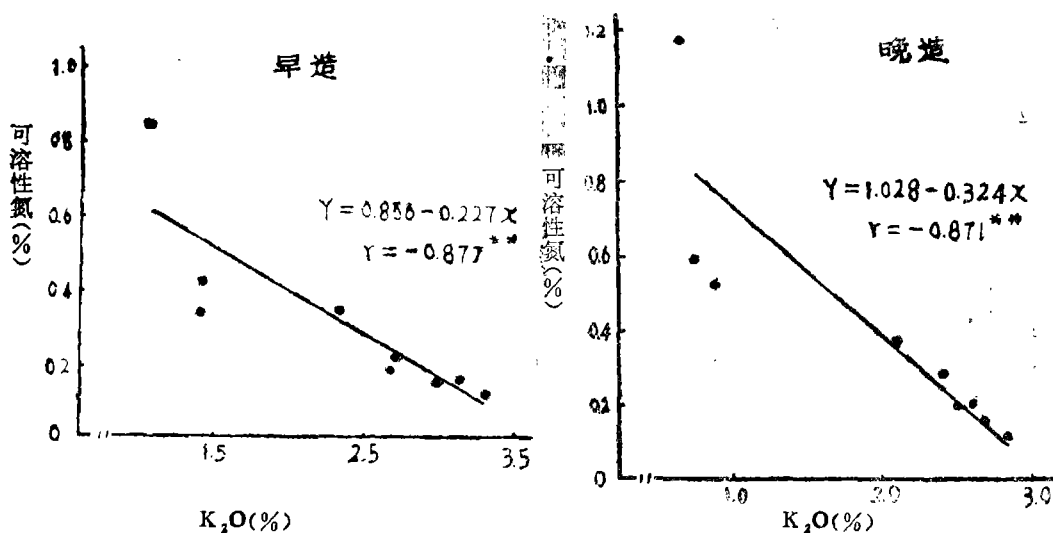


图5 叶片中钾与可溶性氮含量的关系

(三) 氮、钾肥不同配比对水稻产量的影响

在施用一定量磷肥的基础上,不同氮、钾肥配比对水稻产量具有显著的影响。早、晚造各处理的产量及考种结果列于表5。

早造的产量统计表明, N (氮)、K (钾)、N (氮) × K (钾) 对水稻产量都有显著的效应,显著性均超过1%的显著水准。各处理间的产量差异表明,在氮肥水平相同的基础上,凡施钾肥的处理,都比不施钾肥的处理有极其显著的增产作用,而钾肥的增

表 5

氮、钾不同配比对水稻的生长及产量的影响

处理代号		肥料比例 (N:P ₂ O ₅ :K ₂ O)	植株 K ₂ O/N	最高 苗数 /盆	有效 穗数 /盆	株 高 (厘米)	一次 枝梗 /穗	二次 枝梗 /穗	实粒 数 /穗	结 实 率 (%)	千 粒 重 (克)	产 量 (克/盆)
早 造	N ₁ PK ₀	0.5:1:0	0.66	18	16	75.0	8.0	9.0	66	88.2	20.0	20.8
	N ₁ PK ₁	0.5:1:1	1.48	20	18	79.8	8.4	11.4	79	88.9	21.2	30.7
	N ₁ PK ₂	0.5:1:2	1.76	21	18	76.8	8.6	13.4	82	88.3	21.3	31.2
	N ₂ PK ₀	1:1:0	0.56	22	21	73.4	7.9	9.6	59	75.5	19.5	24.2
	N ₂ PK ₁	1:1:1	1.21	26	22	79.4	8.5	11.5	74	83.6	20.5	33.6
	N ₂ PK ₂	1:1:2	1.42	28	22	78.0	8.6	13.7	74	80.6	21.2	38.0
	N ₃ PK ₀	2:1:0	0.46	29	25	75.2	8.5	10.9	65	75.3	19.4	31.1
	N ₃ PK ₁	2:1:1	1.04	31	29	83.0	8.7	13.1	81	83.1	20.1	45.5
	N ₃ PK ₂	2:1:2	1.26	37	32	84.5	8.8	13.2	78	82.6	20.9	53.7
晚 造	N ₁ PK ₀	1:1:0	0.37	16	13	68.8	8.5	9.0	50	84.7	20.1	12.5
	N ₁ PK ₁	1:1:1	1.19	20	17	85.8	8.8	12.7	70	84.7	22.5	26.8
	N ₁ PK ₂	1:1:2	1.32	20	16	89.0	8.7	16.4	76	84.4	22.6	27.8
	N ₂ PK ₀	2:1:0	0.33	16	13	65.0	7.2	7.5	39	74.3	19.9	10.1
	N ₂ PK ₁	2:1:1	1.03	25	22	89.2	8.2	15.0	69	77.0	22.3	34.0
	N ₂ PK ₂	2:1:2	1.19	29	25	94.7	8.8	17.6	72	76.7	22.5	41.1
	N ₃ PK ₀	4:1:0	0.26	15	14	56.5	6.3	6.5	24	72.8	16.0	5.3
	N ₃ PK ₁	4:1:1	0.74	28	25	91.7	8.0	15.5	64	81.3	21.4	34.4
	N ₃ PK ₂	4:1:2	0.92	37	33	94.3	8.4	16.7	71	81.7	21.8	51.9

* 植株K₂O/N测定时间: 早造5月7日, 晚造8月23日。

产作用则随着氮肥施用量的增加而提高。但在中氮(N₂)或低氮(N₁)水平中, 高钾(K₂)处理与低钾(K₁)处理的产量相比, 其增产作用不显著, 而只有在高氮水平条件下, 高钾处理才收到显著的增产效果(表6)。这说明, 随着钾肥施用量的增加, 氮肥施用量也要相应提高, 反之亦然。

另外, 从早造的试验结果(表4、5)可以看出, 在不施钾肥的三个处理中, 随着氮肥施用量的增加, 水稻的发病程度虽略有加重, 但产量仍相应地提高。这一结果未能验证该地区过去在大田生产中, 氮肥施用量愈多, 产量愈低的事实。其原因可能主要是由于氮肥的施用量不足, 即最高一级氮水平(N₃)仍未过量, 水稻的生长还未受到阻抑。其次是试验前土壤经犁冬晒白(钾的释放量有所增加)及灌溉水有一定量的钾(其含钾量为4.7ppm, 而梅县的灌溉水只有2.2ppm), 提高了水稻的钾含量及对氮的需要量, 使这三个处理在分蘖盛期, 水稻叶片的钾(K₂O)含量仍然保持在1.43—1.06%(表4), 远比水稻分蘖期钾的临界含量^[10](0.6%*)高, 略比饱和点(1.8%*)

* 原文中的钾以K%表示, 在此化为K₂O%。

表6 早造各处理产量比较表

处 理	盆产量总和	161.2-Ti	136.4-Ti	114.1-Ti	100.9-Ti	96.3-Ti	93.6-Ti	92.0-Ti	72.6-Ti
N ₃ PK ₂	161.2								
N ₃ PK ₁	136.4	24.8**							
N ₂ PK ₂	114.1	47.1**	22.3**						
N ₂ PK ₁	100.9	60.3**	35.5**	13.2					
N ₃ PK ₀	96.3	64.9**	40.1**	17.8*	4.6				
N ₁ PK ₂	93.6	67.6**	42.8**	20.5**	7.3	2.7			
N ₁ PK ₁	92.0	69.2**	44.4**	22.1**	8.9	4.3	1.6		
N ₂ PK ₀	72.6	88.6**	63.8**	41.5**	28.3**	23.7**	21.0**	19.4**	
N ₁ PK ₀	62.4	98.8**	74.0**	51.7**	38.5**	33.9**	31.2**	29.6**	10.2

* 为 5% 的显著水准; ** 为 1% 的显著水准。

低。因而在三个不同氮肥处理中,水稻的分蘖数表现出随着氮肥的增多而增加(表5),为其增产打下了基础。为了进一步验证氮肥过多而减产的现象,晚造各处理的氮肥施用量比早造加大一倍。

晚造的试验结果表明, N、K、N×K对水稻产量的效应与早造一样,都超过1%的显著。施钾肥的各处理间的产量差异也与早造的基本一致,试验并且证明了在不著水施钾肥的情况下,氮肥施用量愈多,水稻减产愈严重(表7)。其减产的原因,主要是分蘖期间叶片的钾(K₂O)含量降低到临界值(表4),水稻的生长和分蘖受到严重的抑制(图3、表5)。值得注意的是,钾能显著地消除这种因氮过多而受到的抑制(图6、表5)。

表7 晚造各处理产量比较表

处 理	盆产量总和	155.8-Ti	123.2-Ti	103.7-Ti	102.1-Ti	83.5-Ti	80.3-Ti	38.0-Ti	30.4-Ti
N ₃ PK ₂	155.8								
N ₃ PK ₁	123.2	32.6**							
N ₂ PK ₂	103.7	52.1**	19.5**						
N ₂ PK ₁	102.1	53.7**	21.1**	1.6					
N ₃ PK ₀	83.5	72.3**	39.7**	20.2**	18.6**				
N ₁ PK ₂	80.3	75.5**	42.9**	23.4**	21.8**	3.2			
N ₁ PK ₁	38.0	117.8**	85.2**	65.7**	64.1**	45.5**	42.3**		
N ₂ PK ₀	30.4	125.4**	92.8**	73.3**	71.7**	53.1**	49.9**	7.6	
N ₃ PK ₀	15.9	139.9**	107.3**	87.8**	86.2**	67.6**	64.4**	22.1**	14.5*

* 为 5% 的显著水准; ** 为 1% 的显著水准。

从早、晚两造的试验结果来看,氮肥的增产作用与钾肥的配合有极其密切的关系。从表5中可以看出,在水稻分蘖盛期,早造和晚造水稻植株的K₂O/N值分别在1.26和

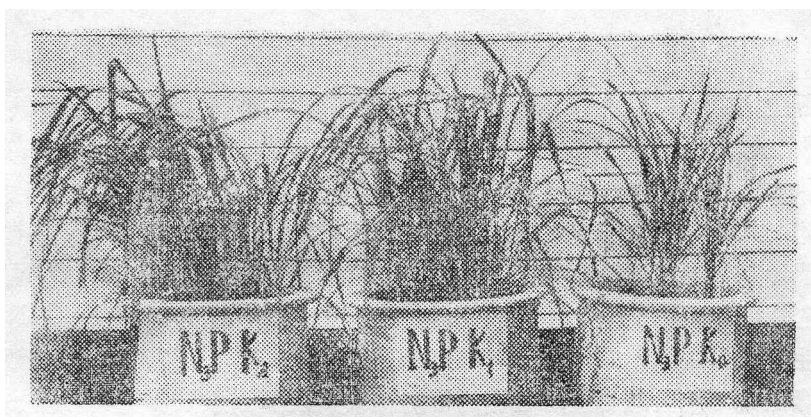


图6 高氮增钾对水稻生长的影响(晚造)

0.92时, 水稻的产量最高, 而低于或高于上述钾氮比值, 产量都偏低。统计表明, 晚造水稻分蘖期间的稻株 K_2O/N 与产量呈极显著的二次曲线相关, $r = 0.920$ 。在早造中, 这种相关的显著性 ($r = 0.630$) 也超过10%的显著水准 ($r = 0.622$)。这表明, 要获得高产, 稻株体内要有一个适当的 K_2O/N 值, 钾氮比例过低或过高, 都是不适宜的。由此可以肯定, 在本试验中, 在高氮水平条件下, 钾是影响水稻产量的主要因素, 而在高钾水平条件下, 氮肥的不足, 则又限制了水稻的增产。

众所周知, 水稻的产量主要取决于穗数、粒数及粒重。本试验表明, 钾对于这三种产量因素都具有明显的影响(表5)。钾对有效穗数的提高, 在高氮水平条件下更为显著。试验还发现, 钾明显地提高穗中的枝梗数(表5), 因而使穗大粒多。钾能提高水稻产量的另一个主要原因, 是由于钾能促进水稻根系的生长(图7), 提高根的活力, 增加根吸收营养物质的面积, 从而提高水稻的抗逆性能, 促进水稻早生快发。

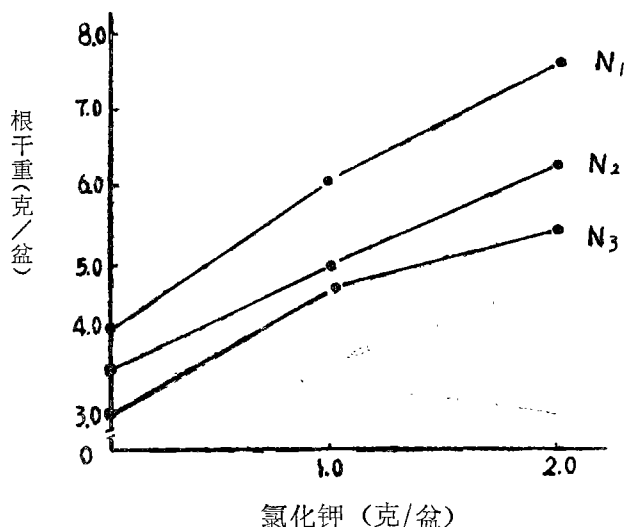


图7 在不同氮水平中, 钾对水稻根生长的影响(早造收获后)

结 论 和 建 议

综上所述,梅县梅江公社稻田发生的水稻赤枯病,主要是由于土壤严重缺钾及偏施氮肥而导致水稻体内的钾氮比例严重失调所诱发的一种营养生理病。由于该病与目前文献报道的几种类型赤枯病在一些症状上差异较大,因此,根据它的特征,拟称之为条纹型水稻赤枯病(或叶脉型水稻赤枯病)。发病叶片横切片的显微观察揭示出,褐色物质的产生仅限于叶肉细胞。试验结果表明,凡是发病的稻株,其叶片的 K_2O/N 值都在0.42以下,可溶性氮与蛋白氮之比率在8.0%以上。而正常水稻的叶片 K_2O/N 值在0.5以上,可溶性氮与蛋白氮比率在7.1%以下。施钾显著地提高水稻体内的钾氮比值和蛋白氮含量、降低其可溶性氮含量,因而对于防治该病及提高水稻产量具有极其显著的效果。但值得指出的是,在高氮水平条件下,钾肥的施用量要适当提高,否则水稻仍可能出现赤枯症状。

本试验发现,在水稻分蘖盛期,土壤中的 K_2O/N 值与稻株中的 K_2O/N 值呈显著的二次曲线相关,而稻株中的 K_2O/N 则又影响水稻的产量。试验表明,早、晚造水稻植株在上述相应期间的 K_2O/N 值分别在1.26和0.92时,产量最高。因此,要使水稻正常生长并获得高额产量,在施肥时,氮、钾比例要适宜。本试验的结果初步表明,在该种供试的土壤中,肥料中的N、 P_2O_5 、 K_2O 比例,早造以2:1:1~2,晚造以4:1:2较为适宜,但由于是盆栽试验的结果及限于水稻品种关系,仅供梅县当地大田生产中作为参考。

参 考 文 献

- [1] 广东农林学院植物病理教研组编, 1975, 《粮食作物病害防治》, 101—102, 广东人民出版社。
- [2] 中国农业科学院土壤肥料研究所土壤研究室, 1980, 《土壤诊断》, 74—77, 科学出版社。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所主编, 1978, 《中国土壤》, 400, 科学出版社。
- [4] 广西农学院桂北分院土化教研组, 1978, 早稻赤枯病发病原因的调查分析, 《广西农业科学》, (4) 39—41。
- [5] 卢贤丰, 1979, 早稻赤枯病发生原因及防治经验调查, 《广西农业科学》, (3) 20—21。
- [6] 朱维和等, 1980: 广东省主要土壤钾素状况及钾肥肥效研究, 《广东农业科学》(3) 27—34。
- [7] 詹长庚等, 1980, 钾肥肥效与施用条件关系的研究, 《浙江农业科学》(4) 155—160。

- [8] Baba, I., Y. Takahashi, I. Iwata, and K. Inada. 1954: Studies on the nutrition of the rice plant in relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. I. Occurrence of the disease as influenced by the temperature of the irrigation water and by the supply of potassium or starch to the soil. *Proc. Crop Sci. Soc., Japan*, 22(3-4): 111-112.
- [9] —. 1955: Studies on the nutrition of the rice plant in relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. II. Influence of the supply of organic acid and hydrogen sulphid to the soil on the occurrence of the disease. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 23(4): 273.
- [10] Baba, I., Y. Takahashi, I. Iwata, and K. Tajima. 1956: Studies on the nutrition of rice plant in relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. III. Varietal differences of the rice plant in nitrogen and carbohydrate metabolism and inorganic nutrition in relation to the occurrence of the disease. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 25(1): 13-14.
- [11] Baba, I., Y. Takahashi, and K. Inada. 1957: Studies on the nutrition of the rice plant in relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. IV. Occurrence of the disease as influenced by the conditions of cultivation, its relationship to the metabolism of the plant. *Proc. Crop Sci. Soc., Japan*, 26(1): 1-2.
- [12] —. 1958: Studies on the nutrition of the rice plant with relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. V. changes in the respiratory rate and activities of some enzymes as affected by the occurrence of the disease. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 26(3): 190-192.
- [13] Baba, I., and K. Tajima. 1960: Studies on the nutrition of the rice plant with relation to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. VI. Changes in the growth, nutrient-absorption, and metabolism in the plant as influenced by the excessive supply of ferrous iron. *Proc. Crop Sci. Soc. Japan*, 29(1): 47-50.
- [14] IRRI, 1964: The Mineral Nutrition of the Rice Plant. 173-179.
- [15] Tajima, K., and Baba, I. 1963: Studies on the nutrition of rice plant with reference to the occurrence of the so-called "Akagare" disease. VIII. On the disease, a kind of "Akagare" occurring in the newly cultivated paddy field. *Proc. Crop Sci. Soc., Japan*, 31(3): 289-292.
- [16] Von Uexkull, H. R. 1976: Fertilising for High Yield Rice. *IPI Bull.* 3 (1976), 39.

- [17] Yamaguchi, H., K. Shiratori, and A. Koizumi, 1957; Researches on the technical improvement of rice culture on ill-drained fields. IV. 1. Chemical characteristics of "Akagare" paddy soils and classification of them with reference to the occurrence of the so-called "Akagare". 2. Influence of the reductive condition of paddy soil on the occurrence of the "Akagare" disease. 3. Influence of the supply of hydrogen sulphide, butyric acid, and ferrous compounds by solution culture upon the plant growth. Proc. Crop Sci. Soc. Japan, 26(1), 3-7.
- [18] Yamaguchi, H., K. Shiratori, and N. Matsumoto, 1957; Researches on the technical improvement of rice culture on ill-drained fields. IV. Studies on the occurrence of the so-called "Akagare" disease. 4. Effect of the early transplanting culture in ill-drained field on which Akagare disease habitually occurs. Proc. Crop Sci. Soc. Japan, 26(2), 121-123.

A STUDY ON THE RELATION BETWEEN N—K BALANCE AND OCCURRENCE OF THE STREAKED TYPE CHI—KU DISEASE OF RICE PLANT

Li Hua-xing

(Department of soils)

SUMMARY

In Mei Xian County of Guangdong Province, one type of Chi-Ku disease of the rice plant was observed by local farmers for many years, but its causes had not been precisely identified. The disease was considered to be caused by the acidity of paddy soil and deficiency of nitrogen. Hence, when there was an occurrence of disease in the rice plant, the farmers applied much nitrogen fertilizer and lime to the soil. Subsequently, the severity of disease was observed, and the rice yield decreased or sometimes had nothing but straw harvested. Soil and plant samples were collected from the diseased paddy field for chemical analysis and a pot experiment was conducted to clarify the inducing factors of disease. The results of the present study are indicated as follows,

1. The soil and the rice plant were severely deficient in potassium.
2. The K_2O/N ratio of the leaf blade in the affected plant fell below 0.42 and the ratio of soluble-N to protein-N was above 8.0%, yet in the healthy rice plant, the K_2O/N ratio was above 0.50 and the ratio of soluble-N to protein-N fell below 7.1%. The K_2O/N ratio and protein-N content of the leaf blade can be increased but soluble-N content can be decreased by application of the potassium. Therefore, the disease in the rice plant can be prevented by application of potassium, and yields of rice may increase.
3. The K_2O/N ratio in the rice plant was greatly affected by the ratio of available potassium to nitrogen in the soil, and the rice yields were closely related to the K_2O/N ratio in the rice plant at the active tillering stage.
4. On the basis of our observation, the symptoms of this disease have some differences from the several types of Akagare and Chi-Ku disease which had been reported by many workers in Japan and China respectively. The main difference was that the midribs and side-vein near the tip of the leaf blade of the affected plant at first turned dark brown, then tiny brown spots spread to the mesophyll between the veins. Finally, the mesophyll, as mentioned above turned light yellow or greyish white, but the veins still remained dark brown, as a result, it can be seen that the diseased leaf blade appeared with streaks of brown alternating with yellow (or white). In order to distinguish this type of Chi-Ku disease from the several types of Akagare and Chi-Ku disease, it is called a Streaked Type Chi-Ku disease.
5. Under the microscope observation, it was revealed that the brown materials were only produced in the mesophyll of the diseased leaf, and the bundle, vascular bundle sheath and bulliform cells had not changed in colours.