

氮钾肥配施对赤红壤上甜玉米生长影响的研究

楚玲* 陆发熹 刘树基

(土化系)

提 要

本文研究氮、钾肥配施对赤红壤上甜玉米生长的影响,于1986年秋作和1987年春作进行两次盆栽试验及植株和土壤的化学分析。结果表明:氮、钾肥配施可增加供试土壤有效氮和速效钾含量,可增加甜玉米穗叶(吐丝期)含N量和含K量,降低穗叶含P量、含Ca量和含Mg量。不施钾肥处理的甜玉米穗叶含K量 $\leq 1.30\%$,吐丝前有明显的缺K症。施高量钾肥(0.33克KCl/公斤土)处理的穗叶含Mg量 $\leq 0.15\%$,吐丝后出现明显的缺Mg症,施K₁水平(0.17克KCl/公斤土)的钾肥较适宜。单施氮肥处理,甜玉米果穗和籽粒的产量随施氮量增加而显著降低。配施钾肥处理,甜玉米增产率随施氮量增加而增大。增施氮肥可明显增加籽粒粗蛋白质含量,降低水溶性糖含量。施钾肥与不施钾肥比可明显增加水溶性糖含量,增加粗蛋白质总量(克/盆),但降低粗旦白质含量。在供试赤红壤盆栽甜玉米条件下,氮钾肥配施以N₂K₁处理为宜

关键词 氮钾肥配施,赤红壤,甜玉米

引 言

甜玉米(*Zea mays* var *rugosa*)种植业近几年来在世界上和我国迅速发展。但由于甜玉米对土壤条件要求较严,主要栽培在较肥沃的稻田或旱地上,栽培面积有限。如果在华南地区,能开垦赤红壤荒地种甜玉米,将可解决与其他作物争地的矛盾。但是,赤红壤具有强酸性,有机质、氮和磷养分均缺乏,有些花岗岩发育的钾素养分也很缺乏^[1],土壤肥力较差,需要改良和合理利用。近几年来,黄绵尤、陆发熹等人对广州赤红壤改良利用进行了研究,如石灰配施磷肥,有利于花生、甘薯等作物生长。至于赤红壤上氮、钾肥配施栽种甜玉米的试验,尚未见报道。据前人研究,氮肥可增加甜玉米产量和籽粒粗蛋白质含量^[2],但是籽粒的含糖量下降,而钾肥却可以增加含糖量^[2]。由此可见,氮、钾肥合理配施对甜玉米生长将有重要的作用。本试验目的是研究氮、钾肥不同配比对赤红壤上甜玉米生长的影响,为合理施用氮、钾肥,提高甜玉米产量和品质提供科学依据。

*现在湖南长沙水电师院地理系工作

1988年7月15日收稿

材料和方法

本研究于1986年秋作和1987春作进行两次盆栽试验。供试土壤均采自广州石牌花岗岩发育的赤红壤表层(0~15cm), 风干后过3 mm筛, 其主要理化性质见表1。

表1 供试土壤的理化性质

土 壤	pH		有 机 质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	全 K (%)	有 效 N (ppm, N)	速 效 P (ppm, P)	缓 效 K (ppm, K)	速 效 K (ppm, k)	质 地 名 称
	H ₂ O	KCl									
1986年 秋	4.48	3.91	0.89	0.073	0.015	0.41	23.6	0.6	35.9	16.1	中壤土
1987年 春	4.56	3.94	1.14	0.080	0.015	0.41	33.5	0.6	33.3	16.7	中壤土

试验在玻璃网室内进行, 每盆装土18公斤, 施干猪粪18克, 生石灰12克, 过磷酸钙15克。在此基础上, 施氮肥三个水平(施用量 N_1 、 N_2 、 N_3 分别为6、12、18克 $(NH_4)_2SO_4$ /盆), 钾肥三个水平(施用量 K_0 、 K_1 、 K_2 分别为0、3、6克KCl/盆)。组成 N_1K_0 、 N_1K_1 、 N_1K_2 、 N_2K_0 、 N_2K_1 、 N_2K_2 、 N_3K_0 、 N_3K_1 、 N_3K_2 , 共九个处理。每个处理九次重复, 其中两次重复供吐丝期采样用, 各处理随机区组排列。

本试验采用品种是华南农业大学农学系培育的超甜玉米20号。秋作于8月9日播种, 每盆4粒, 五叶期定苗, 每盆留下一株, 在吐丝前套袋, 同一重复在同一天人工授粉, 授粉后25天采收。全生育期90天。生长期, 土壤湿度维持在田间持水量的60~70%。春作重新采取同一地点的土壤, 于1987年2月21日播种, 管理措施与秋作相同, 全生育期108天。

两作试验均测定了甜玉米吐丝期(50%植株吐丝)和采收期的土壤有效氮(碱解—扩散吸收法)、速效钾1 N中性 NH_4OAC 浸提)和缓效钾含量(1 N硝酸煮沸浸提—火焰光度法), 吐丝期穗叶全N(开氏法消煮—半微量定氮法)、全P、K、Ca、Mg、含量(HNO_3-HClO_4 消煮)。品质测定: 采用籽粒水溶性糖含量用酒精提取—斐林碘量法; 粗蛋白质含量用开氏法消煮—半微量定氮法测定全N, 然后再乘以6.25; 籽粒水分用65℃烘干法。土壤和植株的各项分析方法详见书^[8]。对甜玉米的产量进行了统计分析。

试验结果

(一) 甜玉米生长期中土壤及植株养分的含量

1. 土壤有效养分含量的变化: 从表2可见: (1) 甜玉米采收期土壤有效氮的含

量变化, 秋作 N_1K_0 比供试土壤增加了6.5ppm, 而 N_1K_1 和 N_1K_2 则减少了0.4ppm和1.1ppm, N_2 和 N_3 水平分别增加了8.1~23.8ppm, 56.0~114.8ppm。春作 N_1 水平增加了1.4~12.3ppm, N_2 水平增加了48.5~56.9ppm。(2) 甜玉米采收期土壤速效钾、缓效钾的含量变化, 两作 K_0 各处理的速效钾、缓效钾含量都比供试土壤低。 K_1 各处理的缓效钾含量减少了0.5~4.2ppm, 但速效钾含量增加了10.9~23.9ppm。

2. 甜玉米吐丝期穗叶N、P、K、Ca、Mg、的含量: 从表3可见: (1) 氮肥对穗叶各养分含量有明显的影响。穗叶含氮量随施氮量的增加而增加。在同一钾肥水平下, N_2 处理比 N_1 处理的含氮量增加较多, 而 N_3 比 N_2 处理的则增加很少; 氮肥对穗叶含K量的影响与钾肥水平有关, 在 K_0 、 K_1 水平下, 穗叶含K量随施氮量增加而增加, 在 K_2 水平下则相反, 随施氮量的增加而减少(春作 N_3 、 K_2 例外); 穗叶含P、Ca和Mg量随施氮量的增加有不同程度的降低趋势, 尤以不施钾肥时最明显。穗叶中含Ca和Mg量的降低是因 NH_4^+ 对 Ca^{++} 、 Mg^{++} 吸收的拮抗效应所致⁸。(2) 钾肥对穗叶各养分含量有明显的影响。施钾肥除增加穗叶含K量外, 使穗叶含N、P、Ca和Mg量都有不同程度的降低。这与

表2 氮钾肥配施对供试土壤有效养分含量的影响

时 间	项 目	有效氮(ppm,N)			速效钾(ppm,K)			缓效钾(ppm,K)		
		供试土壤	吐丝期	采收期	供试土壤	吐丝期	采收期	供试土壤	吐丝期	采收期
一 九 八 六 年 秋	N_1K_0		30.6	30.1		13.0	11.8		33.6	32.8
	N_1K_1		28.9	23.2		33.8	29.8		34.0	35.2
	N_1K_2		28.7	22.5		99.2	83.2		40.5	42.8
	N_2K_0	23.6	81.4	47.4	16.1	12.3	11.7	35.9	29.1	31.8
	N_2K_1		69.5	31.7		35.7	27.0		27.3	32.2
	N_2K_2		73.1	34.6		98.1	89.4		36.7	41.0
	N_3K_0		148.1	138.4		14.4	13.3		32.1	34.0
	N_3K_1		98.4	79.6		35.4	34.7		28.9	31.7
	N_3K_2		103.5	81.2		105.2	98.8		35.6	41.9
一 九 八 七 年 春	N_1K_0		72.4	45.8		13.5	12.8		33.6	31.5
	N_1K_1		63.6	34.9		38.3	34.3		31.6	34.6
	N_1K_2		59.9	40.6		110.2	103.2		43.4	46.3
	N_2K_0	33.5	121.9	90.7	16.7	15.2	13.6	33.3	28.4	31.2
	N_2K_1		117.1	84.0		42.5	40.6		28.5	31.1
	N_2K_2		116.0	82.0		120.7	104.6		37.5	43.9
	N_3K_0		194.8	168.0		15.6	15.3		28.2	32.5
	N_3K_1		184.9	157.9		52.2	38.5		29.9	32.8
	N_3K_2		181.5	154.2		115.2	110.2		36.4	43.5

表 3 氮钾肥配施对甜玉米穗叶(吐丝期)养分含量的影响

时间	一九八六年·秋						一九八七年·春					
处 理	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	N/K	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	N/K
N ₁ K ₀	2.81	0.27	0.68	1.39	0.66	4.13	3.35	0.28	0.83	0.84	0.62	4.03
N ₁ K ₁	2.63	0.17	2.49	0.62	0.23	1.06	2.89	0.27	2.42	0.71	0.24	1.19
N ₁ K ₂	2.27	0.19	3.15	0.61	0.12	0.72	2.58	0.24	3.32	0.70	0.15	0.78
N ₂ K ₀	3.6	0.24	0.79	0.84	0.42	4.56	3.58	0.26	1.12	0.70	0.37	3.20
N ₂ K ₁	3.01	0.23	2.72	0.76	0.21	1.11	2.99	0.24	2.75	0.69	0.19	1.09
N ₂ K ₂	2.74	0.18	3.09	0.52	0.12	0.87	2.98	0.24	3.11	0.59	0.15	0.96
N ₃ K ₀	3.68	0.23	0.99	0.78	0.30	3.72	3.61	0.25	1.30	0.63	0.32	2.78
N ₃ K ₁	3.02	0.22	2.86	0.59	0.16	1.06	3.05	0.23	3.15	0.53	0.20	0.97
N ₃ K ₂	2.74	0.18	2.89	0.57	0.11	0.95	3.00	0.23	3.31	0.56	0.11	0.91

Terman的结果相似,他认为这是释放效应和拮抗效应所致^[1]。

另从甜玉米生长期的观察表明:两作各处理均未发现明显的缺N、缺P和Ca症,但在K₀水平三个处理中,含K量 $\leq 1.30\%$,两作在吐丝前均出现明显的缺K症:叶缘发黄,焦枯似灼烧状,老叶较严重。在K₂水平三个处理中,含Mg量 $\leq 0.15\%$,两作在吐丝后均出现明显的缺Mg症:叶类和叶缘的脉间退绿,逐渐变成黄色花斑,老叶较为严重。缺K和缺Mg症状与前人描述的颇为一致^[2]。可见,施用钾肥必须适量。

(二) 甜玉米的产量

从表4可见:1.单施氮肥,甜玉米产量随施氮量增加而降低。两作果鲜穗、干籽粒产量均从N₁K₀、N₂K₀、N₃K₀依次降低。干籽粒产量N₁K₀>N₂K₀、N₃K₀,差异达显著水平。

2.配施钾肥可显著增加产量。两作在各氮肥水平下,施钾肥的产量均显著高于未施钾肥的产量。在N₁水平下,两作产量都是N₁K₁高于N₁K₂(秋作干籽粒例外),其中春作果穗、籽粒产量N₁K₁>N₁K₂,差异已达显著水平。这说明本试验在N₁水平下,K₁水平已能获得高产。在同一K肥水平下,N₂、N₃的产量无显著差异。

3.氮肥配施适量钾肥可显著增加茎、叶干重,并且可提高经济系数。

(三) 甜玉米的品质

从表5可见:1.籽粒含水量,随施氮肥量不同略有变化,但变化趋势不明显,随施钾量增加有降低的趋势。如春作在N₁、N₂、N₃水平下,籽粒含水量K₀>K₁、K₂,相差达1.49~3.14%。

2.籽粒粗蛋白质含量随施氮量增加而增加。如在K₀水平下,粗蛋白质含量秋作N₃>

表 4

氮钾肥配施对甜玉米产量的影响

时 间	项 目	鲜果穗 产 量 (克/盆)	干籽粒 产 量 (克/盆)	茎干重 (克/盆)	叶干重 (克/盆)	经济系数 (%)
一 九 八 七 年 秋	N ₁ K ₀	76.9b	15.4d	8.3c	20.0cd	27.45
	N ₁ K ₁	121.3a	23.4c	13.5b	19.2d	32.71
	N ₁ K ₂	104.4a	24.2bc	16.3ab	23.4ab	29.71
	N ₂ K ₀	60.5bc	10.9e	7.8c	18.6d	24.43
	N ₂ K ₁	127.3a	26.6abc	13.9b	22.4bc	32.90
	N ₂ K ₂	129.8a	28.8a	18.4a	24.5ab	32.21
	N ₃ K ₀	38.4c	7.6e	8.9c	19.1d	18.30
	N ₃ K ₁	113.2a	27.5ab	14.4b	25.6a	33.99
	N ₃ K ₂	123.1a	28.2a	15.7ab	26.3a	32.96
一 九 八 七 年 春	N ₁ K ₀	49.5bc	9.1bc	5.8c	15.8c	23.31
	N ₁ K ₁	91.7a	18.5a	12.9a	19.7a	28.47
	N ₁ K ₂	61.7b	12.4b	11.5ab	16.3b	23.13
	N ₂ K ₀	37.4bc	6.9c	6.2c	11.0d	21.41
	N ₂ K ₁	92.1a	20.0a	12.3ab	19.4a	30.65
	N ₂ K ₂	92.2a	18.9a	11.4ab	18.7ab	30.42
	N ₃ K ₀	33.2c	5.1c	4.1c	11.2cd	20.29
	N ₃ K ₁	86.0a	19.2a	10.3ab	18.6ab	31.03
	N ₃ K ₂	92.8a	18.7a	9.9ab	17.3ab	32.18

(1) 方差分析程序见书^[4], 采用邓肯法 (Duncan) 法作多重比较, 表中同一纵列平均后带有相同的小写字母者表示两者间差异不显著。

$$(2) \text{经济系数}(\%) = \frac{\text{干籽粒产量}}{\text{总生物量(干)}} \times 100$$

总生物量(干) = 干籽粒产量 + 茎干重 + 叶干重 + 穗轴干重 + 苞叶干重

N₂ > N₁, 春作 N₃、N₂ > N₁, 相差达 2.81~6.06%。在 K₁、K₂ 水平下, 两作 N₃、N₂ > N₁, 相差达 4.06~6.52%。前人亦有类似的结果^[10]。

粗蛋白质含量随施钾肥而降低。如秋作在各氮肥水平下, 粗蛋白质含量 K₀ > K₁、K₂, 相差达 2.15~5.98%, K₁ 与 K₂ 间很接近。春作在 N₂ 水平下, K₀ > K₂, 在 N₃ 水平下, K₀ > K₁、K₂, 相差达 1.63~2.18%。这与前人的结果不同^[6]。

3. 籽粒水溶性糖含量随施氮量增加而减少, 但随施钾量增加而增加, 这与前人结果相似。^[7]

讨 论

(一) 氮、钾肥配施对供试土壤和甜玉米植株养分的影响

在本试验条件下,施用氮、钾肥可增加供试赤红壤有效氮和速效钾含量,但对土壤缓效钾含量的影响较小(表2),从维持土壤氮和钾的平衡看,氮肥秋作要施 N_2 水平,春作可酌量少些;钾肥要施 K_1 水平。

施用氮、钾肥对甜玉米穗叶中N、P、K、Ca、Mg含量有明显的影响(表3),值得注意的是钾肥用量必须适宜。在 K_0 水平三个处理中,穗叶含K量 $\leq 1.30\%$,在吐丝前出现明显的缺钾症。相反,在 K_2 水平三个处理中,含Mg量 $\leq 0.15\%$,在吐丝后出现明显的缺Mg症。这说明以 K_1 水平(0.17克KCl/公斤土壤)较为适宜。

表5 氮钾肥配施对甜玉米籽粒品质的影响*

时间	1986年·秋				1987年·春			
项 目 处 理	籽粒含水 量(%)	水溶性 糖含量 (%)	粗旦白 质含量 (%)	粗旦白 质总量 (克/盆)	籽粒含 水量 (%)	水溶性 糖含量 (%)	粗旦白 质含量 (%)	粗旦白 质总量 (克/盆)
N_1K_0	68.58	17.11	13.71	2.05	72.43	16.47	13.68	1.24
N_1K_1	68.18	20.12	11.56	2.74	69.80	21.76	12.66	2.34
N_1K_2	67.40	24.51	11.04	2.97	69.24	25.63	12.66	1.56
N_2K_0	69.30	14.48	19.77	2.18	72.61	14.77	16.53	1.13
N_2K_1	69.21	19.23	15.90	4.35	70.49	21.16	15.10	3.03
N_2K_2	68.53	20.47	15.10	4.38	69.47	23.44	14.35	2.71
N_3K_0	69.93	11.11	22.59	1.75	72.36	12.53	16.93	0.88
N_3K_1	67.70	18.12	16.60	4.58	69.84	19.67	15.30	2.93
N_3K_2	69.82	19.57	17.56	4.88	70.87	19.41	14.93	2.80

*数据为4次重复平均

(二) 氮、钾肥配施对甜玉米产量的影响

试验结果(表4)表明:单施氮肥,产量随施氮量增加而降低;配施钾肥可显著增加产量。方差分析结果表明,氮、钾肥对产量有显著的交互作用。一方面,钾肥的增产率随施氮量增加而增大,如秋作干籽粒产量 N_1K_1 比 N_1K_0 、 N_2K_1 比 N_2K_0 、 N_3K_1 比 N_3K_0 的增产率分别为51.9%、144.0%、261.8%。另一方面,氮肥必须配施钾肥才能取得增产效果,在 K_1 、 K_2 水平下,秋作鲜果穗和干籽粒产量都是 N_2 、 N_3 高于 N_1 ,其中干籽粒产量 N_3K_2 、 $N_2K_2 > N_1K_2$,差异已达显著水平。在同一钾肥水平下, N_2 、 N_3 的产量并无显著差异。这说明,秋作在配施钾肥后,仅需 N_2 水平可获高产。春作以 N_1K_1 处理已达较高产量,它与 N_2K_1 、 N_2K_2 、 N_3K_1 、 N_3K_2 各处理间差异未达显著水平。

(三) 氮、钾肥配施对甜玉米蛋白质含量的影响

从表5可见, 籽粒粗蛋白质含量随施氮量增加而增加, 但随施钾肥而降低。后者与前人的结果不同^[1], 我们认为这是因为本试验供试土壤严重缺钾, 施钾肥后, 籽粒产量增加比粗蛋白质总量增加更大, 从而产生了稀释效应所致。如秋作 N_2K_1 比 N_2K_0 , 干籽粒产量增加了144.0% (表4), 而粗蛋白质总量 (克/盆) 仅增加了99.5% (表5)。

(四) 甜玉米高产、优质的氮、钾肥配量

从表4看出, 秋作干籽粒产量以 N_2K_1 、 N_2K_2 、 N_3K_1 、 N_3K_2 四个处理的显著高于其他处理 (N_1K_2 除外), 鲜果穗产量也以 N_2K_1 、 N_2K_2 等处理的明显高于 N_1K_1 、 N_1K_2 等处理。春作鲜果穗和干籽粒产量以 N_1K_1 、 N_2K_1 、 N_2K_2 、 N_3K_1 、 N_3K_2 五个处理最高, 五者间差异不显著。可见, 秋作以 N_2K_1 处理, 春作则以 N_1K_1 处理可获较高的产量。

从籽粒品质 (表5) 看出, 秋作 N_2K_1 , 其水溶性糖含量较高 (仅明显低于 N_1K_2 处理), 粗蛋白质含量也较高 (仅明显低于 N_3K_0 、 N_2K_0 处理), 土壤分析结果亦表明要施 N_2 水平氮肥、 K_1 水平钾肥才能维持土壤氮、钾平衡。至于春作 N_1K_1 处理的水溶性糖含量较高 (仅明显低于 N_1K_2 处理)。土壤也能维持氮、钾平衡, 但是粗蛋白质含量最低, 明显低于 N_2K_1 、 N_2K_2 等六个处理。若要提高春作甜玉米的粗蛋白质含量, 则应采用 N_2K_1 处理。

综上所述, 在本试验盆栽条件下, 为保证甜玉米高产、优质, 氮、钾肥配施量以 N_2K_1 为宜, 即每亩 (以15万公斤土壤计) 用20公斤纯N配施15公斤 K_2O 。至于大田生产的氮、钾肥配施量, 可以此为参考, 进一步进行田间试验加以研究。

引用文献

- [1] 邓家祐. 土壤通报, 1983, (1): 1—6
- [2] 刘芷宇, 唐永良, 罗质超. 主要农作物营养失调症状图谱. 农业出版社, 1982
- [3] 李西开主编. 土壤农业化学常规分析方法. 科学出版社, 1983
- [4] 张全德, 胡秉民. 农业试验统计模型和BASIC程序. 浙江科学技术出版社, 1985
- [5] Arnon, I. 1974. International Potash Institute P.O.Box CH-3048 Bern-Worblaufen/Switzerland. 157-244
- [6] Chamberland, E. 1978. Commun. In. Soil Sci. Pl. Anal. 9(10), 963-974
- [7] Mengel, K. and Kirby, E.A. 1982. International Potash Institute. P.O.Box CH-3048 Worblaufen-Bern/Switzerland. 237-472
- [8] Phene, C.J. and Beale, O.W. 1979. Soil Sci. Soc. Am. J. 43, 1216-1221
- [9] Taber, H.G. and Cox, D.F. 1983. Commun. In. Soil Sci. Pl. Anal. 14(7), 585-599
- [10] Terman, G.L., Allen, S.E. and Bracfort, B.N. 1975. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 39, 680-685

A STUDY ON THE EFFECTS OF NITROGEN FERTILIZER COMBINED
WITH POTASSIUM FERTILIZER ON THE GROWTH OF
SWEET CORN ON LATERITIC RED SOIL

Chu Ling

(Department of Geography, Changsha Normal University of Water
Resources and Electric Power)

Lu Faxi

Liu Shuji

(Department of Soil and Agrochemistry,
South China Agricultural University)

ABSTRACT

Experiments with pot culture were carried out in greenhouse both in Autumn of 1986 and Spring of 1987 to study the effects of N fertilizer combined with K fertilizer on the growth of sweet corn (*Zea mays* Var. *rugosa*) on Lateritic red soil. The 3 levels of N fertilizer application were 0.33, 0.67 and 1.0g (NH₄)₂SO₄ per kg soil, and the amounts of K fertilizer application were 0, 0.17 and 0.33g KCl per kg soil, respectively. Nine treatments with 9 replicates were made for available N, readily available K and slowly available K in the soil, total N, P, K, Ca and Mg in the ear leaves of the sweet corn plants at silking stage, yield and quality of the kernels. The experimental results are as follows,

The application of N fertilizer combined with K fertilizer increased the contents of available N and readily available K in the soil, increased total N and K but decreased total P, Ca and Mg in the ear leaves. In the treatment with no K fertilizer application, the K content in the ear leaves was 1.30 % or <1.30%, and symptoms of K deficiency could clearly be indentified before silking. In the treatment with 0.33g KCl per kg soil, the Mg content in the ear leaves was 0.15 % or <0.15%, and obvious symptoms of Mg deficiency appeared after silking. The plants in the treatment with 0.17g KCl per kg soil did not show any symptoms of deficiency.

In the treatment with only N fertilizer added the yields of ears and kernels

were markedly decreased with increased N fertilizer. However, when K fertilizer was incorporated, increasing the N fertilizer raised the kernel yield.

At the same time, increase in N application also raised the crude protein content of the kernels, but decreased the level of water soluble sugar. In comparison with no K fertilizer application, applying K fertilizer clearly increased the content of water soluble sugar in the kernels; but lowered the percentage of crude protein.

The pot culture also suggested that applying 0.67g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ together with 0.17g KCl per kg soil for sweet corn plants growing on Lateritic red soil achieved better economic benefit.

Key words: Nitrogen fertilizer combined with potassium fertilizer; Lateritic red soil; Sweet corn