

为 12.3%，对照组为 10.9%。说明稀土有促进氮磷肥料吸收并提高其利用率的作用。

#### 7. 稀土对小麦品质的影响

用吡啶比色法分析了小麦子实的赖氨酸含量，分析结果表明，小麦施用稀土有提高子实赖氨酸含量的趋势如表 14。

## 四、结论

稀土元素通过改善小麦地上、地下器官的一些性状和功能而使产量提高，在适宜条件下应用稀土作为一项增产措施是有科学根据的。

# 草甸黑土直播稻田氮磷钾肥适宜比例及肥效的研究

刘 英 杰

(汤原县农业科学研究所)

近年来，由于稻田长期单一施用氮肥，使土壤中速效磷钾养分的含量受到掠夺性消耗，造成氮磷钾三要素比例日趋失调，不适应水稻高产栽培的需要。因此，根据土壤供肥状况，增施磷钾肥，氮磷钾合理配施，已成当前水稻生产的当务之急。

为此，我们于 1981—1983 年，重点研究了草甸黑土直播稻田氮磷钾肥施用效果，不同配合比例对水稻生长发育的影响及增产效益。现将其试验结果整理如下：

## 一、材料与方 法

供试肥料：氮肥为尿素，磷肥为三料过石，钾肥为硫酸钾；供试品种：合江 19 号；供试土壤为草甸黑土（老稻田）。其土壤性质：全氮 0.228%、全磷 0.103%、全钾 1.55%、碱解氮 263PPM、速效磷 20PPM、速效钾 80PPM，有机质 4.34%，pH6.6。

试验共设 11 个处理，以亩施 12 斤氮素确定配比（如表 1）。

试验方法：采取随机区组法，四次重复，小区面积 33 平方米，水直播，规格 9 + 6 寸。

表 1 氮磷钾配合比例 单位：斤/亩

处 理	配 合 比 例			尿 素	三 料 过 石	硫 酸 钾
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O			
无 肥	0	0	0	0	0	0
N <sub>1</sub>	1	0	0	26	0	0
P <sub>1</sub>	0	1	0	0	26	0
K <sub>1</sub>	0	0	1	0	0	24
N <sub>1</sub> P <sub>0.25</sub>	1	0.25	0	26	6.5	0
N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub>	1	0.5	0	26	13	0
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	1	1	0	26	26	0
N <sub>1</sub> K <sub>0.5</sub>	1	0	0.5	26	0	12
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1	0	1	26	0	24
N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	1	0.5	0.5	26	13	12
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	1	1	1	26	26	24

磷钾肥做基肥于播前施入 10 厘米耕层，氮肥 40% 做基肥（与磷钾肥同施），30% 苗肥，30% 穗肥（二次枝梗分化期追施）分三次施入。

## 二、结果与分析

以寒地直播水稻的需肥特点和土壤供肥

能力, 确保全生育过程有足够的营养水平, 是直播水稻高产稳产的重要基础。三年试验结果表明, 由于氮磷钾配合比例不同, 导致水稻各生育阶段的稻苗生育进程, 产量及产量构成因素均有明显差异。

### (一) 氮磷钾肥效反应

#### 1. 土壤速效养分可供率

草甸黑土稻田, 在直播栽培条件下, 由表 2 可见, 氮磷钾三要素有效养分贮量比例为 1:0.21:0.83, 有效养分的碱解氮 15.6%, 速效磷 82%, 速效钾 71.2%。

表 2 土壤有效养分可供率

土壤养分状况	碱解 氮	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	相当化肥		
				尿素	三料 过石	硫酸 钾
有效养分贮量 (斤/亩)	28.9	6.0	24.0	171.5	13.0	48.0
无肥区实际获得量(斤/亩)	12.3	4.92	17.08	26.7	10.7	34.2
有效养分可供率 (%)	15.6	82.0	71.2			

#### 2. 氮磷钾肥显效程度

试验结果表明, 在施氮的基础上, 增施磷钾肥, 均较单施氮肥增产。氮磷配施亩增产稻谷 32.5 斤; 氮钾配施亩增产稻谷 58.4 斤; 氮磷钾配施亩增产稻谷 84.1 斤。

表 3 氮磷钾不同配比与产量的关系

年份	亩(斤) 施氮	产量状况	无肥	N <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	K <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> K <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>
1981	12	产量 斤/亩	362.3	484.2			506.4	504.2	513.8		539.4	577.6	568.8
		比无肥亩增产 (斤)		121.9			144.1	141.9	151.8		177.1	215.3	206.5
		比施纯氮亩增产 (斤)					22.2	20.0	29.6		55.2	93.4	84.6
		比施纯氮亩增产 %					4.6	4.1	5.4		11.4	19.3	17.5
1982	12	产量 产/亩	629.9	823.9			833.4	826.9	834.4	830.3	856.2	884.5	908.1
		比无肥亩增产 (斤)		194			203.5	197.0	204.5	200.4	226.3	254.6	278.2
		比施纯氮亩增产 (斤)					9.5	3.0	10.5	6.4	32.3	60.6	84.2
		比施纯氮亩增产 %					1.2	0.4	1.3	0.8	3.9	7.4	10.2
1983	12	产量 斤/亩	667.7	817.7	691.9	701	842.4	863.7	836.9	874.8	877.3	881.8	
		比无肥亩增产 (斤)		150.0	24.2	33.3	174.7	196.0	169.2	207.1	209.6	214.4	
		比施纯氮亩增产 (斤)			-125.8	-116.7	24.9	46.0	19.2	57.1	59.6	64.1	
		比施纯氮亩增产 %			-15.4	-14.3	3.0	5.6	2.4	7.0	7.3	7.8	

注: 1981 年三点平均值, 1982 年、1983 年县农科所试验结果。

以氮磷钾配合施用增产效果最好。

1983 年氮磷钾肥单施的肥效试验, 以产量结果为例, 氮磷钾用量都是每亩 12 斤, 施氮亩产 817.7 斤, 施磷亩产 691.9 斤, 施钾亩产 701 斤, 无肥亩产 667.7 斤。

### (二) 氮磷钾肥不同配比对水稻产量及产量因素的影响

适宜的氮磷钾比例是获得水稻高产的重要物质基础。1981—1983 年三年中, 分别经历了 1981 年典型低温冷害年, 全生育期活动积温 2271℃; 1982 年高温年, 全生育期活动积温 2405℃; 1983 年生育前期低温寡照, 后期高温, 全生育期活动积温 2309.6℃。

从表 3 看出, 不同配比处理与单施氮的增产效应, 因其配比不同, 产量各异。其中最优组合为 N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub> 配比, 较单施氮亩增产 60.6—93.4 斤, 增产 7.4—19.3%。N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比较单施氮亩增产 84.2—84.6 斤, 增产 10.2—17.5%。在 N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比较单施氮亩增产 32.3—59.6 斤, 增产 3.9—11.4%。N<sub>1</sub>K<sub>0.5</sub> 配比亩增产 6.4—57.1 斤, 增产 0.8—7.0%。氮磷配合使用较单施氮亩增产 3—46 斤, 增产 0.4—5.6%。

由表4分析可见,  $N_1P_{0.5}K_{0.5}$  配比的平方米穗数较单施氮多17穗, 每穗实粒数多2.6粒, 千粒重提高0.7克, 空秕率降低3.2%, 青米率降低4.5%。其次为  $N_1P_{0.5}$ 、 $N_1P_1K_1$ 、 $N_1K_1$  配比。

表 4

不同配比产量构成因素 (1982 年)

产量构成因素	无 肥	$N_1$	$N_1P_{0.25}$	$N_1P_{0.5}$	$N_1P_1$	$N_1K_1$	$N_1P_{0.5}K_{0.5}$	$N_1P_1K_1$	$N_1K_{0.5}$
穗数/m <sup>2</sup>	656	806	846	846	848	856	877	934	840
每穗粒数	40.7	44.6	43.0	47.0	44.6	47.7	46.5	47.6	45.1
每穗实粒数	33.5	32.0	30.4	34.0	32.2	32.4	34.6	32.1	32.5
千粒重 g	26.3	25.0	24.8	25.0	24.5	25.4	25.7	24.2	24.8
空秕率 %	17.7	28.3	29.3	27.7	27.9	32.2	25.1	32.7	27.9
青米率 %	2.5	22.0	16.5	15.0	23.0	17.0	17.5	18.5	9.0

### 1. 不同施肥配比肥料利用率

在亩施 12 斤氮素情况下, 单施氮其氮肥利用率 44.8%。而磷钾肥(亩施 12 斤元素)在单施情况下, 当年利用率分别为 9.3%、6.2%。若是氮肥和磷钾肥配施, 其氮肥利用率较单施氮提高 1.7—19.3%。其中  $N_1P_{0.5}K_{0.5}$  配比 氮磷钾肥利用率分别达 64.1%、16.9%、34.7%, 其次  $N_1P_{0.5}$  配比氮磷肥利用率分别达 56.2%、19.5%。综上说明在草甸黑土稻田, 适宜的配合比例可显著提高肥料利用率。

### 2. 不同肥料配比的经济效益

氮磷钾肥不同配合比例的经济效益, 由表 5 可以看出:  $N_1P_{0.5}K_{0.5}$  配比较单施氮亩增收 9.81 元, 其经济效益最高, 其次为  $N_1P_1K_1$  配比较单施氮亩增收 7.04 元, 低于  $N_1P_{0.5}K_{0.5}$  配比。再次为  $N_1K_1$ 、 $N_1K_{0.5}$  配比分别比单施氮亩增收 5.14 元、3.84 元。在氮磷配比中,  $N_1P_{0.5}$ 、 $N_1P_{0.25}$  配比较单施氮亩增收 2.96 元、2.76 元, 而  $N_1P_1$  配比却较单施氮减收 2.44 元。即  $N_1P_{0.5}K_{0.5} > N_1P_1K_1 > N_1K_1 > N_1K_{0.5} > N_1P_{0.5} > N_1P_{0.25} > N > N_1P_1$ 。

### (四) 氮磷钾不同比例对生长发育的影响

#### 1. 不同施肥比例对苗高增长的影响

营养生长期的苗高增长进程, 从表 6 可见。7 月 22 日前各期不同施肥配比中, 凡是氮磷钾或氮钾配比处理其生长速度都好于单

### (三) 氮磷钾不同配比经济效益

肥料在直播水稻栽培中, 所占投资比重较大, 合理的肥料配合比例不但是高产施肥措施, 同时也是经济施肥的重要措施。

表 5 氮磷钾不同配比经济效益比较

处 理	增产 斤/亩	化肥 投资 (元)	亩增收 (元)	亩净 增收 (元)	较单施氮 增减收元/亩
N	152	5.85	29.22	23.37	
$N_1P_{0.25}$	170.8	6.99	33.63	26.64	2.76
$N_1P_{0.5}$	175.0	8.13	34.93	26.80	2.96
$N_1P_1$	171.9	10.40	33.60	23.20	-2.44
$N_1K_{0.5}$	198.8	7.89	37.88	30.0	3.84
$N_1K_1$	201.0	9.93	38.95	29.0	5.14
$N_1P_{0.5}K_{0.5}$	224.7	10.17	43.86	33.69	9.81
$N_1P_1K_1$	242.4	14.48	46.96	32.48	7.04

表 6 氮磷钾不同配比苗高增长进程

调查月/日		6.19	6.30	7.11	7.22	8.1
处 理	苗 高 增 长 进 程 cm					
无 肥	苗 高	17.34	26.74	43.37	48.91	63.37
	增 长		4.4	16.63	5.54	14.46
$N_1$	苗 高	17.34	28.71	44.45	51.57	67.0
	增 长		11.37	15.74	7.12	16.13
$N_1P_{0.25}$	苗 高	16.33	28.58	43.49	50.27	67.23
	增 长		12.25	14.91	6.78	16.96
$N_1P_{0.5}$	苗 高	17.78	29.01	42.84	50.96	67.64
	增 长		11.23	13.83	8.12	16.68
$N_1P_1$	苗 高	17.96	29.21	42.40	48.83	66.28
	增 长		11.25	13.19	7.43	16.45
$N_1P_{0.5}K_{0.5}$	苗 高	18.24	29.74	45.98	53.79	77.48
	增 长		11.5	16.24	7.81	18.69
$N_1P_1K_1$	苗 高	16.94	29.8	49.13	57.94	77.04
	增 长		12.86	19.33	8.81	19.1
$N_1K_1$	苗 高	18.32	31.05	47.57	54.91	73.52
	增 长		12.73	16.52	7.34	18.61
$N_1K_{0.5}$	苗 高	16.87	29.84	45.97	53.04	70.6
	增 长		12.91	16.13	7.60	17.56

施氮及氮磷配比。尤以氮钾配比明显。从 8 月 1 日最后一次调查看, 以  $N_1P_1K_1$ 、 $N_1P_{0.5}K_{0.5}$ 、 $N_1K_1$  配比增长速度最快。从而可以看出, 在施氮的基础上, 配施一定量的钾肥有促进稻

株生长的作用。

## 2. 不同施肥对比对叶面积的影响

由表 7 可见, 不同施肥对比在不同生育阶段和单株叶面积有明显差异。在营养生长期的分蘖始期单株叶面积虽有差异, 但不甚明显。自进入分蘖盛期至抽穗期的各生育阶

表 7 不同配比各生育阶段单株叶面积

处 理	分 蘖 始 期 cm <sup>2</sup> /株	分 蘖 盛 期 cm <sup>2</sup> /株	孕 穗 期 cm <sup>2</sup> /株	抽 穗 期 cm <sup>2</sup> /株
无 肥	9.656	17.03	54.81	63.36
N <sub>1</sub>	11.09	28.30	99.10	95.42
N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub>	10.2	25.90	106.6	83.37
N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	11.98	28.91	98.0	77.45
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	11.97	27.90	104.6	85.85
N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	11.73	30.30	119.20	97.07
N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	12.5	35.80	121.50	102.35
N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	12.9	35.66	157.00	135.9
N <sub>1</sub> K <sub>0.5</sub>	10.3	26.1	116.52	84.73

段的单株叶面积, 以 N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 和 N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比较单施氮及其它配比大, 尤以抽穗期单株叶面积较单施氮大 11.65—49.85 平方厘米。

主茎叶片抽出的早晚和生活期的长短,

通过对不同配比处理第五片叶以后各叶的调查表明: 氮磷、氮钾、氮磷钾各配比叶片抽出均较单施氮提早 1—2 天, 生活期长 1—6 天。以 N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比各生育阶段生活期最长, 其次为 N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比, 证明在施氮的基础上增施钾肥对促进叶片生育及延长功能叶片生活期有一定促进作用。

## 3. 不同施肥对比对植株形态的影响

水稻产量的形成 90% 来自抽穗以后, 这一时期对产量的形成关系极大。从表 8 可以看出, 剑叶及倒二叶长均以 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比最长。茎基一、二节间长, 所有氮钾配比处理均较其它处理有伸长的趋势, 凡氮钾、氮磷钾配比处理植株明显增高, 而氮磷和单施氮无明显差异。

## 4. 不同施肥对比稻苗素质的差异

分蘖期是营养生长的中心, 此期养分状况对稻苗生长的影响极为明显。由表 9 可见, 分蘖盛期 N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub> 配比苗高、分蘖根量一直优于其它处理。其次为 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 处理。叶龄

表 8 不同对比对植株形态的影响

处 理	无 肥	N <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>0.5</sub> K <sub>0.5</sub>	N <sub>1</sub> P <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> K <sub>0.5</sub>
植株态势(cm)									
剑叶长	18.3	19.7	18.7	20.3	19.8	21.4	23.1	21.0	19.9
倒二叶长	24.6	25.6	24.6	25.4	24.9	26.2	28.4	26.5	25.2
茎节一节间长	2.07	0.31	0.36	0.22	0.22	0.22	0.16	0.22	0.52
茎节二节间长	3.34	2.69	4.22	3.05	2.72	3.20	3.12	3.84	5.14
定植株高	60.1	69.9	68.7	69.2	68.5	71.0	79.1	79.8	70.5

以 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比, 较单施氮多 0.4—0.6 片叶。孕穗期的苗高、分蘖等指标基本和分蘖盛期一致。从影响水稻生育的根部性状看, 二个时期单株根量均以 N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub> 配比最多, 较单施氮多 3.8—3.9 条。

## 5. 不同施肥对比对植株干物重的影响

水稻地上部干物质的积累是形成产量的可靠保证。因此, 稻体各生育阶段干物质积累状况如何, 可作为衡量高产群体的重要指标。

由表 10 可以看出, N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比各生育阶段的地上部干物重一直高于其它处理。分蘖始期氮磷配比的干物重均高于氮钾处理, 但进入分蘖盛期却发生了明显变化, 直至抽穗期 N<sub>1</sub>P<sub>1</sub>K<sub>1</sub>、N<sub>1</sub>P<sub>0.5</sub>K<sub>0.5</sub>、N<sub>1</sub>K<sub>1</sub> 配比处理均高于其它处理, 而其它处理间差异不大。

## 三、讨论

1. 综合三年试验认为, 氮磷钾 (1:0.5:0.5) 配合比例, 在草甸黑土直播稻田, 生育表现一直优于其它处理。增产增收显著, 较

表 9

不同配比稻苗素质的差异

生 育 时 期	稻 苗 素 质	无 肥	$N_1$	$N_1P_{0.25}$	$N_1P_{0.5}$	$N_1P_1$	$N_1K_1$	$N_1P_{0.5}K_{0.5}$	$N_1P_1K_1$	$N_1K_{0.5}$
分 蘖 盛 期	苗高(厘米)	21.1	25.1	23.6	24.7	25.1	25.1	27.7	26.3	24.6
	分蘖/株	0.5	1.75	2.1	2.0	1.65	1.75	2.6	2.0	1.6
	叶令	6.3	6.4	6.7	6.8	7.0	6.8	6.8	7.0	6.4
	根量	20.5	26.0	25.0	25.9	28.0	23.5	29.8	27.9	24.1
孕 穗 期	苗高(厘米)	45.4	52.3	48.8	49.2	50.4	53.1	53.0	55.3	54.9
	分蘖/株	0.2	1.05	1.25	0.85	1.2	1.5	1.6	1.85	1.40
	根量	40.3	52.6	53.4	47.7	59.2	59.1	65.5	61.2	55.6
	地下鲜重克/10株	9.4	13.1	14.7	11.2	15.2	15.4	16.9	17.8	12.6
	地下干重克/10株	1.05	1.03	1.7	1.7	1.8	1.9	2.03	2.01	1.51

表 10

不同配比对地上部干物重的影响

生 育 时 期		处 理	无 肥	$N_1$	$N_1P_{0.25}$	$N_1P_{0.5}$	$N_1P_1$	$N_1K_1$	$N_1P_{0.5}K_{0.5}$	$N_1P_1K_1$	$N_1K_{0.5}$
分 蘖 始 期	地上干重	g/10米	0.97	1.11	1.16	1.30	1.21	1.15	1.20	1.50	1.15
	增 量		1.01	1.79	1.84	1.58	2.06	1.55	2.50	2.27	1.70
分 蘖 盛 期	地上干重		1.98	2.40	3.00	2.88	3.27	2.70	3.70	3.77	2.85
	增 量		4.10	4.93	4.50	5.15	6.03	7.08	5.36	8.48	5.85
孕 穗 期	地上干重		6.01	7.83	7.50	8.03	9.30	9.78	9.06	12.25	8.70
	增 量			9.92	10.30	10.42	8.40	16.87	14.77	17.35	8.45
抽 穗 期	地上干重			17.75	17.80	18.45	17.70	26.65	23.85	29.60	17.15
	增 量										

单施氮增产 7.4—19.3%，三年平均亩增产稻谷 72.7 斤，亩增收 9.81 元，是氮磷钾不同配比中最佳配合比例，是直播水稻创亩产 800 斤以上的施肥配比，可在草甸黑土直播稻区示范应用。

氮磷钾 (1:1:1) 配比虽然增产显著，但因肥料投资较大，致使经济效益不佳。

2. 氮钾配比中，低温年增产显著，高温年增产不甚明显。其中  $N_1K_1$  配比较单施氮 1981 年低温冷害年增产 11.4%；1983 年 (生育前期低温寡照) 增产 7.3%；而 1982 年高温年仅增产 3.9%。 $N_1K_{0.5}$  配比亦如此之趋势。三年平均  $N_1K_1$  配比较单施氮亩增产 49 斤，亩增收 5.14 元。综上所述，低温年增施钾肥，能够促进水稻生育及提高产量的作用。

氮磷配比中，经三年试验增产经济效益均低于氮磷钾和氮钾配合比例，但配施一定比例的磷肥对植株壮秆抗倒有一定作用，在缺磷稻田以  $N_1P_{0.25}$ 、 $N_1P_{0.5}$  配比较适宜。

3. 在草甸黑土直播稻田 氮磷钾 肥 显 效 程度为  $NPK > NK > NP > N > K > P > \text{无肥}$ 。

4. 草甸黑土直播稻田，单施氮肥其氮肥利用率 44.8%。凡氮肥配施磷钾肥均起到以磷钾促氮作用，其氮肥利用率较单施氮提高 1.7—19.3%。其中  $N_1P_{0.5}K_{0.5}$  配比氮肥利用率达 64.1%。磷钾肥在单施情况下其利用率较低。但是当磷钾肥和氮肥配施其利用率明显提高。

5. 对于磷钾肥的后效，有待进一步试验研究，为经济施肥提供依据。