

早稻因土施(氮)肥预测预报中试报告*

章 云 高家骅 黄东迈

(江苏省农科院土肥所)

吴敬民 潘遵谱

(江苏省太湖地区农科所土肥室)

随着农业现代化的发展,日益要求高产低消耗,提高经济效益,因此对施肥技术的研究引起了广泛的重视。针对太湖地区在七十年代中后期粮食生产中氮肥用量不断增大,增产效率逐渐下降,经济效益偏低的问题,从1980年起在该地区综合科学实验基地的水稻土上,进行了土壤供氮特性、水稻的氮肥效应及预测预报增产最大极限施肥量(以下简称极限施肥量)等方面的研究^[1],并获得了“应用土壤矿化氮参数预报早稻施肥”的成果^[2]。统计三年(1980—1982)来对极限施氮肥量的测算与田间试验结果的比较,获得良好的结果。在非囊水型水稻土上其变导系数为15.4%,标准差为9.95斤/亩硫酸铵;在囊水型水稻土上分别为16.5%及11.9

斤/亩硫酸铵,其实际施肥量仅为当地大面积生产实际施用量的60~70%,仍能取得高产水平。

目前国内外许多土壤肥料工作者认为,土壤矿化氮是预测水稻土的供氮能力或其氮素肥力的良好指标^[3,4,5],但是大都着重在土壤矿化氮量与水稻基础产量(无氮肥处理稻谷产量)之间的相关性研究。虽然有些学者如Dolmat等人^[6]注意到高肥处理(112公斤-N/公顷)中施氮增产量与土壤矿化氮之间存在负相关,但未进一步研究土壤矿化氮与极限施肥量之间的关系,我们近年来的工作,已使土壤矿化氮的测试直接与早稻极限施肥量及氮效应曲线类型预测预报联系起来。为尽快使科研成果应用到生产中去,1983—1984年在太湖地区又开展了早稻测土施肥的中间试验,现将试验结果总结如下:

表1 试验田土壤某些农化性状

地 点	土壤名称	全 氮 %	有机质 %	pH
吴县	角直 黄泥白土	0.154	2.19	5.70
	迎湖 黄 泥 土	0.158	2.24	5.40
	越溪 黄 泥 土	0.162	2.40	5.00
	东方 黄 泥 土	0.165	2.55	6.65
	陆基 黄 泥 土	0.156	2.52	7.05
	团结 黄泥白土	0.155	2.50	6.80
	天池 白 土	0.148	2.29	6.05
常熟 兴隆 黄 泥 土	0.197	3.05	7.40	
昆山 正仪 黄 泥 土	0.156	2.48	6.84	
吴江县	青云 青 紫 泥	0.145	2.39	6.00
	南麻 青 紫 泥	0.174	2.80	6.20
	铜罗 青泥白土	0.183	3.05	6.45
	谭坵 青 黄 泥	0.168	2.63	6.03
	桃源 青 紫 泥	0.229	3.75	6.38
	八都 青泥白土	0.194	3.77	6.10
	七都 青泥小粉土	0.143	2.19	5.95
	庙港 乌 黄 泥	0.160	2.55	5.50
	梅埭 青 紫 泥	0.197	3.16	5.85
	震泽 青 紫 泥	0.180	2.88	5.80

注:全氮:凯氏法。有机质:丘林法。pH:电位测定法,水土比1:1。

一、试验方法

测土施肥中间试验,试图通过对土壤进

*本项研究工作得到省农科院现代化所和土肥所化肥室的支持,并得到吴县及吴江县农业局协助,参加工作的还有陈永根和束桑华。

行测试, 利用已取得的若干预报经验公式对三熟制早稻大田生产中氮肥效应及其极限施肥量进行预报。通过田间试验来鉴定预报的精确性和推广应用的可行性。1983年中试土壤为非囊水型水稻土, 以吴县为主, 结合昆山、常熟两县共9个点; 1984年为囊水型水稻土, 在吴江县西南部10个点, 按统一设计方案进行试验。试验田土壤包括不同肥力的黄泥土, 黄泥白土、白土、青柴泥、青泥白土、青泥土等, 土壤基本性状列于表1。

1. 田间试验方案: 在磷、钾肥的基础上, 氮肥(硫铵)在非囊水型水稻土上分四个等级, 在囊水型水稻土上分五个等级, 一次基施(中层混施), 随机排列。试验田前茬为大、元麦茬三熟制早稻田, 小区面积0.02~0.05亩, 重复三次, 水稻供试品种一般为原丰早。田间试验设计如下(表2)。

2. 土样采集及预测预报: 于4月中旬采集各中间试验田耕层(0—15厘米)土样, 然后用扩散法测得碱解氮量, (1.2N NaOH, 40℃, 24小时), 按它与土壤矿化氮含量(y_e)的关系^[2],

表2 田间试验设计

试验代号	处 理 (硫铵斤/亩)
非囊水型水稻土	
I (0)	无 氮 区 (对照)
II (2/3)	预测预报极限施肥量的2/3。
III (1)	预测预报极限施肥量。
IV (4/3)	预测预报极限施肥量的4/3。
囊水型水稻土	
I (0)	无 氮 区 (对照)
II (1/2)	预测预报极限施肥量的1/2。
III (3/4)	预测预报极限施肥量的3/4。
IV (1)	预测预报极限施肥量。
V (3/2)	预测预报极限施肥量的3/2。

表3 中试田土壤碱解氮量与极限施肥量的测算

试验地点	碱解氮 (毫克N/100克土)	预报极限施肥量(硫铵斤/亩)					
		极限施肥量	2/3	4/3	1/2	3/4	3/2
非囊水型水稻土							
吴 县	角直	15.4	70.9	47.3	94.7		
	迎湖	15.5	70.8	47.2	94.4		
	越溪	17.5	68.5	45.7	91.3		
	东方	18.4	67.5	45.0	90.0		
	陆墓	16.1	70.1	46.7	93.5		
	团结	14.7	71.8	47.9	95.7		
	天池	15.6	70.5	47.0	94.0		
常熟	兴隆	19.1	66.8	44.5	89.1		
昆山	正仪	15.6	70.7	47.1	94.3		
囊水型水稻土							
吴江县	青云	11.8	68.6		34.3	51.5	91.5*
	南麻	16.8	52.5		26.4	39.4	78.8
	钢罗	14.6	59.6		29.8	44.7	89.4
	谭坵	15.0	58.4		29.2	43.8	87.6
	桃源	18.0	48.5		24.2	36.4	72.7
	八都	17.8	49.4		24.7	37.0	74.1
	七都	14.3	60.5		30.3	45.4	90.8
	庙港	13.9	61.9		31.0	46.5	92.9
	震泽	15.9	55.4		27.7	41.6	83.1
	梅埭	16.0	55.0		27.5	41.3	82.5

* 该点 3/2 试验小区施肥量预计过高 (102.9斤/亩), 很可能造成失败, 故改为预报极限施肥量的 4/3 (即91.5斤/亩) 实施。

其预报极限施肥量经验公式：非囊水型水稻土为 $X'_{max} = 88.47 - 1.138N_{碱}$ ($N_{碱}$ 为毫克-N/100克土,下同)；囊水型水稻土为 $X_{max} = 106.7 - 3.229N_{碱}$ 。据此公式计算出该土样的田间极限施肥量进行预报(表3)。中间试验单位,用预测预报的极限施肥量,按中试方案实施于田间。

3. 结果比较：在田间试验实施的同时,还进行了实验室土壤矿化培养(淹水密闭培养,恒温30℃)试验,正式预报某一田块早稻氮肥效应曲线方程及其极限施肥量,再与田间试验结果进行比较,以鉴定其预报的精确度。

二、田间试验结果

1. 田间试验产量及显著性测定：中试各基点实施后,获得表4所列稻谷产量,通过变量分析在非囊水型水稻土中试验处理间差异有7个点达到极显著水平($F > F_{0.01}$),但角直点区组间 F 值过大不适用；另外二个点由于田间试验误差较大,处理间达不到显著水平,也不适用,故按6点资料统计分析。在囊水型稻土中,一个点(八都)小区间为二个水稻品种,二个区组间 F 值过大不适用,因此按7点资料统计分析,进行讨论。

2. 早稻氮肥效应及实测极限施肥量:水稻氮肥效应曲线的描述,通常采用一元二次方程:

表4 中间试验点稻谷平均产量及变量分析

(1) 非囊水型水稻土 (斤/亩)

处理代号	角直	迎湖	越溪	东方	陆塞	团结	天池	兴隆	正仪	
I(0)	558.3	493.0	557.7	601.2	473.8	559.7	619.3	435.6	570.0	
I(2/3)	592.7	515.7	693.3	624.0	583.6	608.4	674.5	598.8	720.0	
II(1)	651.3	524.0	611.0	588.8	631.2	601.3	627.6	652.9	720.0	
IV(4/3)	611.0	529.0	577.7	522.8	605.6	627.0	532.1	638.8	766.5	
F	施肥量间	12.91**	0.472	52.7**	15.7**	29.2**	1.82	16.9**	26.5**	70.5**
	区组间	19.22**	0.540	2.14	1.84	0.22	0.82	2.76	0.49	0.43

注：施肥量间：* $F_{0.05} = 4.76$ ；** $F_{0.01} = 9.78$ 。区组间：* $F_{0.05} = 5.14$ ，** $F_{0.01} = 10.9$ 。

(2) 囊水型水稻土 (斤/亩)

处理代号	青云	南麻	铜罗	谭坵	桃源	八都	七都	庙港	梅埭	殷洋	
I(0)	671.4	543.3	503.3	546.7	650.5	500.0	626.5	609.4	645.9	578.0	
I(1/2)	820.0	676.7	563.3	840.0	711.1	652.5	844.4	681.3	819.2	695.7	
II(3/4)	840.0	740.0	640.0	828.7	747.5	695.0	867.7	743.8	856.3	751.3	
IV(1)	837.1	806.7	676.7	888.7	769.7	775.0	859.9	703.1	866.8	811.3	
V(3/2)	805.7	796.7	600.0	926.7	761.6	862.5	848.2	756.3	891.1	801.7	
F	施肥量间	11.4**	35.6**	35.0**	31.2**	8.88**	45.9**	6.10*	22.4**	18.3**	126.0**
	区组间	0.102	2.43	1.12	0.665	1.10	1.78	0.580	20.2**	3.88	10.9**

注：施肥量间：* $F_{0.05} = 3.84$ ，** $F_{0.01} = 7.07$ 。区组间：* $F_{0.05} = 4.46$ ，** $F_{0.01} = 8.65$ 。

$\hat{y}_1 = a + bx + cx^2 \dots (1)$, 其增产最大极限施肥量计算式为 $X_{max} = -\frac{b}{2c}$ (即公式(1)的导

数), 现将13个基点中试结果计算列入表5。

表 5

早稻氮肥效应方程及极限施肥量 (X_{max} 硫酸斤/亩)

地点	氮效应方程 $y = a + bx + cx^2$	复相关系数 R 值	极限施肥量 X_{max}
越溪	$y_1 = 561.6 + 4.6552x - 0.0505x^2$	0.9113 Δ	46.1
	$y_1 = 601.2 + 1.8820x - 0.0306x^2$	1.000**	30.8
东方	$y_2 = 601.2 + 0.507x - 0.0001907e^{0.1583x}$	$r_1 = 1.000$ $r_2 = -0.9224$	61.5
陆墓	$y_1 = 473.4 + 3.7654x - 0.0247x^2$	0.9792*	77.5
	$y_1 = 620.0 + 3.255x - 0.0444x^2$	1.000**	36.7
天池	$y_2 = 619.3 + 1.172x - 0.0001316e^{0.1608x}$	$r_1 = 1.000$ $r_2 = -0.9189$	67.9
	$y_1 = 433.1 + 5.4481x - 0.0347x^2$	0.9973**	78.4
正仪	$y_1 = 572.7 + 3.6403x - 0.0177x^2$	0.9802**	102.5(94.3)
青云	$y_1 = 673.3 + 5.6671x - 0.04651x^2$	0.9927**	60.2
南麻	$y_1 = 537.1 + 7.2429x - 0.0489x^2$	0.9886**	74.0
铜罗	$y_1 = 491.0 + 5.012x - 0.041x^2$	0.9111*	61.6
谭坵	$y_1 = 560.3 + 9.6186x - 0.0633x^2$	0.9758**	76.0
桃源	$y_1 = 647.1 + 3.8083x - 0.0302x^2$	0.9879**	63.1
七都	$y_1 = 635.2 + 7.9601x - 0.0629x^2$	0.9816**	63.3
梅埕	$y_1 = 624.3 + 7.8664x - 0.0549x^2$	0.9650**	71.6

注：① Δ 达到 $P_{0.1}$ 显著性；* 达到 $P_{0.05}$ 显著性；** 达到 $P_{0.01}$ 显著性。

② r_1 为直线相关系数； r_2 为曲线相关系数。

③ () 内数字为最高产量区施肥量。

从表 5 可知，早稻氮肥效应曲线的复相关系数，R 值大都达到显著或极显著水平，其极限施肥量多数落在试验设计施肥等级之内，该公式可以适用。有二个点(东方、天池)水稻生长后期病害严重，结果处理Ⅱ产量最高，氮肥效应曲线方程受处理Ⅲ、Ⅳ减产的影响，使公所计算的极限施肥量落到最小施肥处理(即处理Ⅱ)以下，该公式已不适合于检验极限施肥之用，因此该二点氮肥效应曲线改用直线式和指数函数之和曲线方程： $y = a + b + bx + ce^{dx} \dots (2)$ 来检验，其增产最大极限施肥量的计算(即求公式(2)的导数)，推导结果为，

$$X_{max} = \frac{\ln b - \ln(-cd)}{d}$$

测算结果同时列于表 5 内，检验预报量精确度时选择该公式计算值

比较合理。另外，正仪点的增产最大极限施肥量超过施肥最高处理量，也不适用公式(1)来检验，故只能选用最高产量区施肥量(94.3斤/亩硫酸)作为极限施肥量来进行讨论。

三、检验与讨论

1. 早稻极限施肥量预报值与田间试验测定值的比较：供试土样进行淹水密闭法培养，测得各周矿化氮量，通过计算获得 $\hat{y}_1 = Kx^n$ 矿化氮累积曲线方程^[1]。(\hat{y}_1 为各周矿化氮累积量，K 和 n 为常数项，x 为土壤培养周数)。应用土壤矿化氮容量值(即培养 8 周矿化氮量 y_e)，直接计算早稻生产中极限施肥量，根据 1980~1983 年田间试验与土壤矿化氮累积曲线的测定结果，获得非囊水型水稻土的经验公式^[2] $X'_{max} = 88.77 - 2.38y_e$ ；囊水型水稻土为 $X'_{max} = 111.0 - 3.36y_e$ ，求得试验田的极限施肥量预报值。现将土壤碱解氮量的极限施肥量预报值、土壤矿

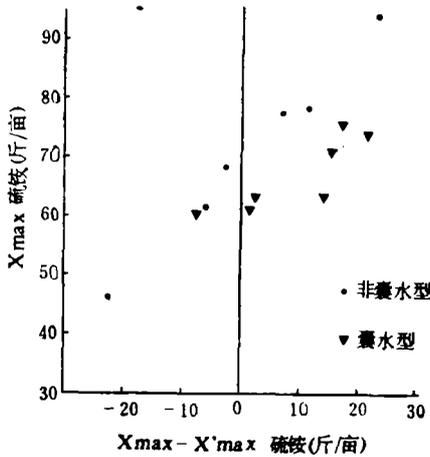
表 6 早稻极限施肥量预报值与田间实测值的比较(硫酸 斤/亩)

试验地点	土壤碱解氮量预报值	土壤矿化氮容量预报值	田间试验实测值
越溪	68.5	58.8	46.1
东方	67.5	53.7	61.5
陆基	70.1	67.7	77.5
天池	70.5	54.8	67.9
兴隆	68.8	74.3	78.4
正仪	70.7	70.9	94.3
青云	68.6	79.8	60.9
南麻	52.5	62.2	74.0
铜罗	59.6	69.3	61.1
谭圪	58.4	73.5	75.7
桃源	48.5	58.7	63.1
七都	60.5	61.6	63.3
梅岭	55.0	56.8	71.6

化氮容量预报值与田间试验测算值均列于表 6, 以资比较。

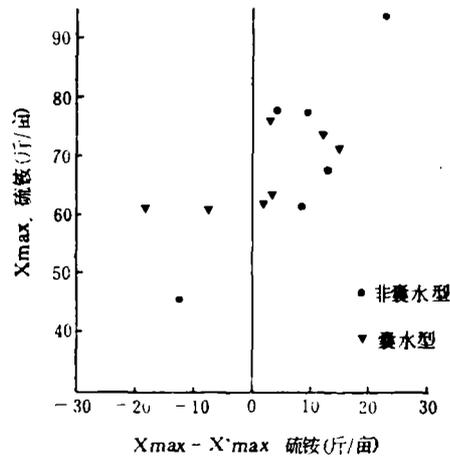
2. 应用土壤碱解氮量预测预报早稻极限施肥量精确度的检验, 据表 6 资料, 对应用土壤碱解氮量预测预报早稻极限施肥量 (X'_{max}) 与田间试验结果测算值 (X_{max}) 比较 (图 1), 其变异系数非囊水型水稻土为 22.4%, 标准差为 15.9 斤硫酸/亩; 囊水型水稻土分别为 16.4% 及 10.7 斤硫酸/亩。从图 1 可见, ($X_{max} - X'_{max}$) 之差近半数落在 ± 10 斤/亩硫酸范围内, 由此看来利用碱解氮量为测土施肥预报参数, 作为快速直接预报的方法, 是可取的, 有一定的实用价值。

3. 应用土壤矿化氮容量 (8 周矿化氮量 y_c) 预报早稻极限施肥量精确度的检验:



X_{max} ——田间试验实测极限施肥量
 X'_{max} ——应用土壤碱解氮预报极限施肥量

图 1 土壤碱解氮量预报早稻极限施肥量的精确度



X_{max} ——田间试验实测极限施肥量
 X'_{max} ——应用土壤矿化氮容量预报极限施肥量

图 2 土壤矿化氮容量预报早稻极限施肥量的精确度

将表 6 资料再作比较, 对应用土壤矿化氮容量 ($y_c = k \cdot 8^n$) 直接预报早稻极限施肥量 (X'_{max}) 与田间试验结果测算值 (X_{max}) 比较 (图 2) 其变异系数在非囊水型水稻土中为 16.9%, 标准差 11.9 斤/亩硫酸, 囊水型水稻土中分别为 16.5% 及 11.6 斤/亩硫酸。从图 2 可知 ($X_{max} - X'_{max}$) 之差大半测点在 ± 10 斤/亩硫酸范围内, 参考文献 [2] 指出极限施肥量在 ± 10 斤/亩硫酸范围内, 其产量相差不超过 5% 范围。可见, 应用土壤矿化氮容量值来预报早稻极限施肥量其精确度较高, 从图 1 和图 2 各点的分布来看, 图 2 各点比图 1 要集中, 再次证明这一测土施肥预报方法应用于生产中能获得良好的效果。

四、小 结

通过三年来对早稻田因土施肥的研究,获得若干经验公式,利用中间试验检验公式的精确性,1983~1984年得到如下结论。

1. 应用土壤碱解氮(N碱)速测预报早稻极限施肥量与田间试验测算值相比,非囊水型水稻土中变异系数为22.4%,标准差为15.9斤/亩硫酸铵;囊水型水稻土分别为16.4%及10.7斤/亩,虽在非囊水型水稻土上尚欠精确,但实际应用可行性较大。

2. 应用土壤矿化氮容量(8周矿化氮量 y_e)预测早稻极限施肥量与田间试验测算值相比,非囊水型水稻土中变异系数为16.9%,标准差为11.9斤/亩硫酸铵;囊水性水稻土分别为16.5%及11.6斤/亩硫酸铵,在非囊水型水稻土上较碱解氮法精确,可作土壤氮素肥力及预报施肥量的重要参数。

3. 根据预报早稻极限施肥量精确度的检验,我们认为两种方法都能达到省工、省肥与高产的目的,故可进一步推广试用。但中间试验只考虑到单一因子,在实际应用时,可以采用两次施肥法,即先基施预报极限施肥量的70~80%,以后根据当年气候条件及苗情酌量进行追肥,这样既可获得高产稳产,又能收到经济合理施肥的效果。

参 考 文 献

- [1] 高家驊、章云、黄东迈等:稻田土壤矿化类型与早稻氮肥效应。土壤学报,21(4): 341—350, 1984。
- [2] 高家驊、章云、黄东迈等:应用土壤氮矿化参数预报早稻施肥探讨。中国农业科学, 第5期, 67—72页, 1984。
- [3] 朱兆良: 土壤中氮素的转化和移动的研究近况,土壤学进展,第2期,1—16页,1979。
- [4] 周鸣铮: 有关水稻土壤养料肥力的某些研究的论述(上), 土壤学进展, 5—6合刊,11—13页, 1980。
- [5] Broadbent, F.E, Soil and Rice, IRRI, 543-559, 1978.
- [6] Dolmat, M. T., Ratrick, W. H. and Peterson, F. J., Soil Science, 129 (4): 229-237, 1980.

《土壤学进展》1987年征订启事

本刊主要介绍国内外土壤学和农业化学各领域的研究进展情况,最近的重要研究成果和发展趋势;国外重要课题取得的结果和长期研究总结;介绍国外新理论,新方法,新技术和重要信息等。可供本专业和农业科技人员,农业部门和科研单位领导人员以及农业院校师生等阅读。

本刊为双月刊,全国发行,全年6期,每期定价0.45元,邮刊代号28—22,需要订阅1987年本刊者,请于11月份向当地邮局(所)联系,可以破季订阅。

《土壤学进展》编辑部