

# 双季水稻精确施氮参数的确定与验证

陈爱忠<sup>1,2</sup> 潘晓华<sup>1\*</sup> 吴建富<sup>1</sup> 石庆华<sup>1</sup> 杨上勤<sup>3</sup>

(1. 作物生理生态与遗传育种教育部重点实验室/农业部双季稻生理生态与栽培重点开放实验室/江西省作物生理生态与遗传育种重点实验室/江西农业大学,江西 南昌 330045; 2. 湖南冷水江市农业局,湖南 冷水江 417500; 3. 江西省进贤县三里乡农技站,江西 进贤 331700)

**摘要:** 根据多年试验结果,得出基于 Standford 方程的江西南昌地区双季水稻精确施氮参数。在不施氮条件下,双季早、晚稻生产 100 kg 稻谷的需氮量分别为 1.5 kg 和 1.37 kg,基础地力产量分别为 5 039.49 kg/hm<sup>2</sup> 和 5 347.49 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥当季利用率分别为 40% 和 45%。所确定的参数与大田验证试验结果基本一致,可用于指导江西南昌地区双季水稻精确施氮。

**关键词:** 双季稻; 精确施氮; 施氮参数

中图分类号: S511.01 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)01-0006-07

## Validation and Identification of Parameters of Precision Nitrogen Application in Double-cropping Rice

CHEN Ai-zhong<sup>1,2</sup>, PAN Xiao-hua<sup>1\*</sup>, WU Jian-fu<sup>1</sup>,  
SHI Qing-hua<sup>1</sup>, YANG Shang-qin<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Cultivation of Double Cropping Rice, Ministry of Agriculture/Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding of Jiangxi Province, JAU, Nanchang 330045, China; 2. Bureau of Agriculture of Lengshuijiang County of Hunan Province, Lengshuijiang 417500 China; 3. Agrotechnical Station of Sanli Township Government in Jinxian County, Jiangxi Province, Jinxian 331700 China)

**Abstract:** According to the experiment results obtained based on the equation of Standford the parameters of precision nitrogen application in double season rice in Nanchang area, Jiangxi Province were obtained. In no nitrogen fertilizer conditions, the amounts of N requirement for production 100 kg grain in early and late rice were 1.5 kg and 1.37 kg, respectively, the fundamental yields were 5 039.49 kg/hm<sup>2</sup> and 5 347.49 kg/hm<sup>2</sup> respectively, the fertilizer - N uptakes efficiency were 40% and 45%, respectively. The parameters of nitrogen application and the field experimental results can be used to guide precision nitrogen application in double season rice in Nanchang area, Jiangxi Province.

**Key words:** double - cropping rice; precision nitrogen application; parameters of nitrogen application

合理施肥是作物生产中十分重要的措施之一,不仅与作物优质高产高效密切相关,也与生态环保密切相关<sup>[1-7]</sup>,它包括合理的施肥量、不同生育时期的施肥比例及肥料的施用方法。施肥量的确是一个复

收稿日期: 2010-09-02 修回日期: 2010-11-20

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD02A04)和江西省科技攻关项目(20051B020010)

作者简介: 陈爱忠(1970—),女,硕士生,主要从事水稻高产理论与技术研究, E-mail: chenaizhong122@yahoo.com.cn;

\* 通讯作者: 潘晓华,教授,博士生导师, E-mail: xhuapan@163.com。

杂的问题,它与土壤、气候、品种、目标产量都有密切关系。为了解决水稻的合理施肥问题,近年来彭少兵、黄见良等提出了实地施氮技术<sup>[8]</sup>;凌启鸿等基于斯坦福(Standford)的差值法公式建立了以一季稻为主的施氮参数<sup>[9]</sup>;曹卫星等提出了基于叶片光谱特性的水稻精确施氮方法<sup>[10]</sup>。相比较而言,基于斯坦福差值法公式的精确施氮技术能将土壤、目标产量较好地结合,也不需要贵重的仪器设备,且能与测土配方施肥相结合,是现阶段实现精确施氮的一种理想途径。为了获取斯坦福差值法公式中的相关参数,近年来我们在国家粮食丰产工程项目的支持下,在江西南昌地区开展了一系列的氮肥运筹试验,并且根据所获得的双季水稻施氮参数,于 2008 年在江西进贤县进行了验证性试验。

## 1 材料与方法

### 1.1 精量施氮参数确定

Standford 方程为: 目标产量施氮量( $\text{kg}/\text{hm}^2$ ) = [(目标产量需氮量 - 土壤供氮量) / 氮肥当季利用率]。目标产量需氮量 = (目标产量  $\times$  100 kg 稻谷需氮量) / 100; 土壤供氮量 = (不施氮时的产量  $\times$  不施氮时 100 kg 稻谷需氮量) / 100。要使该方程实用化,必须找出方程中不同目标产量的 100 kg 稻谷需氮量、不施氮时土壤基础产量和 100 kg 稻谷需氮量及氮肥当季利用率。

本文这些参数的获得是基于 2004—2008 年江西农业大学国家粮食丰产工程项目课题组的一系列水稻氮肥运筹试验研究结果。

### 1.2 验证性试验

1.2.1 供试材料 于 2008 年在江西省进贤县温圳镇杨溪村进行早、晚稻验证试验,试前土壤的基本化学性质,早稻为:有机质 38.30 g/kg,全氮 2.223 g/kg,碱解氮 159.44 mg/kg,有效磷 43.77 mg/kg,速效钾 102.76 mg/kg, pH 5.26;晚稻为:有机质 41.50 g/kg,全氮 2.421 g/kg,碱解氮 159.75 mg/kg,有效磷 69.02 mg/kg,速效钾 116.67 mg/kg, pH 5.15。供试超级早、晚稻品种分别为淦鑫 203 和淦鑫 688。

1.2.2 试验设计 早、晚稻分别设 5 个施氮水平,以不施氮为对照(表 1)。栽插规格早、晚稻分别为 13.3 cm  $\times$  23.3 cm 和 13.3 cm  $\times$  26.7 cm,每蔸基本苗分别为 3 苗和 2 苗(不含分蘖)。氮肥基蘖肥与穗肥施氮比例均为 7:3。各处理施钙镁磷肥 600  $\text{kg}/\text{hm}^2$ (全部作基肥)、氯化钾 300  $\text{kg}/\text{hm}^2$ (按分蘖肥:穗肥 = 7:3 施用),基肥在移栽前 1 d 施用,分蘖肥在栽后 7 d 施用,穗肥在一次枝梗原基分化期施用。小区面积 15  $\text{m}^2$ ,3 次重复,随机区组排列,小区间筑土埂并用塑料薄膜包裹,以防串水串肥,其他管理措施一致。

表 1 不同施氮量处理

Tab. 1 The treatments of different amount N - applied

早稻 Early rice				晚稻 Late rice			
施氮量 Amount N - applied	基肥 Base fertilizer	分蘖肥 Tillering fertilizer	穗肥 Panicle fertilizer	施氮量 Amount N - applied	基肥 Base fertilizer	分蘖肥 Tillering fertilizer	穗肥 Panicle fertilizer
0	0	0	0	0	0	0	0
126	63.0	25.2	37.8	162.75	81.38	32.55	48.83
153	76.5	30.6	45.9	197.70	98.85	39.54	59.31
180	90.0	36.0	54.0	232.50	116.25	46.50	69.75
207	103.5	41.4	62.1	267.45	133.73	53.49	80.24
234	117.0	46.8	70.2	302.25	151.13	60.45	90.68

### 1.3 测定指标与方法

1.3.1 土壤养分含量 翻耕前按 5 点取样法取耕作层(0 ~ 20 cm)土样,风干混匀,磨细过筛后,按常规测定方法<sup>[6]</sup>测定土壤的有机质、全氮、碱解氮、有效磷和速效钾含量。

1.3.2 稻株氮含量 在成熟期每处理取代表性植株 5 蔸,分茎鞘、叶片和穗 3 部分,于 105  $^{\circ}\text{C}$  杀青 15 min,然后保持 80  $^{\circ}\text{C}$  至样品烘干,供植株养分测定。植株氮含量采用 Foss 全自动定氮仪测定。

1.3.3 测产与考种 收获前1 d 每小区调查20 蔸有效穗,按平均数法取5 蔸进行考种;每小区实割200 蔸进行测产。

1.3.4 有关指标计算 氮肥利用率(%) =  $100 \times [(\text{施氮区水稻地上部氮素吸收量} - \text{无氮区水稻地上部氮素吸收量}) / \text{施氮量}]$ ;  $100 \text{ kg 稻谷需氮量} = 100 \times (\text{氮素吸收量} / \text{稻谷产量})$ 。

#### 1.4 统计方法

用 Excel 和 DPS 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤供氮能力

2.1.1 双季水稻的土壤基础产量 多年试验结果表明(表2),南昌地区双季早稻在不施氮时的土壤基础产量变幅为3 858.75 ~6 500.40 kg/hm<sup>2</sup>,平均为5 039.49 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为12.88%;晚稻产量变幅为4 496.70 ~6 797.70 kg/hm<sup>2</sup>,平均为5 347.49 kg/hm<sup>2</sup>,变异系数为10.35%。

2.1.2 不施氮时双季水稻的100 kg 稻谷需氮量 表2表明,在不施氮条件下,南昌地区双季水稻的100 kg 稻谷需氮量,早稻变幅为1.29 ~1.84 kg,平均为1.50 kg;晚稻变幅为1.15 ~1.76 kg,平均为1.37 kg。

表2 双季早、晚稻基础产量及其生产100 kg 稻谷的需氮量

Tab.2 The fundamental yield and N requirement for production 100 kg grain in early and late rice

早稻 Early rice		晚稻 Late rice	
基础产量/(kg · hm <sup>-2</sup> ) Fundamental yield	100 kg 稻谷需氮量/kg N requirement for production 100 kg grain	基础产量/(kg · hm <sup>-2</sup> ) Fundamental yield	100 kg 稻谷需氮量/kg N requirement for production 100 kg grain
3 858.75	1.38	4 496.70	1.34
3 999.90	1.50	4 627.50	1.45
4 349.25	1.61	4 666.50	1.40
4 462.65	1.69	4 801.35	1.46
4 503.30	1.48	4 896.00	1.57
4 518.60	1.49	4 906.50	1.34
4 675.20	1.34	4 941.00	1.23
4 682.40	1.6	4 952.70	1.36
4 683.00	1.44	4 958.55	1.68
4 701.00	1.68	5 025.00	1.53
4 847.25	1.44	5 160.00	1.24
4 858.50	1.71	5 170.50	1.15
4 914.00	1.29	5 170.50	1.15
5 173.35	1.58	5 199.60	1.32
5 233.65	1.36	5 214.00	1.17
5 270.25	1.44	5 221.95	1.35
5 284.50	1.48	5 344.80	1.25
5 296.65	1.35	5 423.70	1.31
5 318.70	1.39	5 442.60	1.44
5 355.30	1.30	5 542.05	1.22
5 424.45	1.84	5 628.00	1.76
5 893.65	1.35	5 628.00	1.31
5 948.85	1.59	5 701.50	1.41
6 233.70	1.54	5 701.50	1.41
6 500.40	1.57	5 785.80	1.22

2.1.3 土壤基础养分与土壤基础产量的关系 相关分析表明(图 1、图 2),早稻稻田土壤有机质( $X_1$ )、碱解氮( $X_2$ )、全氮( $X_3$ )与基础产量( $Y$ )均呈极显著相关,其中碱解 N 与产量的相关性最好( $Y = 14.33X_2 + 2\,521.5$   $r = 0.732\,2^{**}$ );其次是土壤全氮( $Y = 546.7X_3 + 3\,700.7$   $r = 0.682\,9^{**}$ );再次是有机质含量( $Y = 45.36X_1 + 3\,183.3$   $r = 0.608\,1^{**}$ ),而与速效钾( $X_4$ )和有效磷( $X_5$ )含量相关不显著,相关系数分别为  $-0.299\,0$  和  $0.318\,0$ 。早稻产量与 5 个土壤肥力因素的复相关极显著( $Y = 7.73X_1 + 118.50X_2 + 14.10X_3 - 2.61X_4 + 5.41X_5 + 2\,113.4$   $r = 0.759\,0^{**}$ )。晚稻土壤基础养分与基础产量的相关性为:全氮与产量的相关性最好( $Y = 1\,498.9X_3 + 1\,634.7$   $r = 0.723\,7^{**}$ );其次是土壤有机质含量( $Y = 57.52X_1 + 2\,591.8$   $r = 0.722\,8^{**}$ );碱解氮与产量的相关性稍差( $Y = 12.12X_2 + 3\,129.8$   $r = 0.679\,5^{**}$ ),而与速效钾( $X_4$ )和有效磷( $X_5$ )含量的相关不显著,相关系数分别为  $0.010\,0$  和  $-0.084\,6$ 。晚稻产量与 5 个土壤肥力因素的复相关极显著( $Y = 23.90X_1 + 5.28X_2 + 1\,172.40X_3 + 1.87X_4 - 1.14X_5 + 613.78$   $r = 0.913\,1^{**}$ )。可见,土壤全氮、有机质含量和碱解氮能较好地反映土壤基础供氮能力,从单个肥力因素看,全氮最能反映土壤的供氮能力。

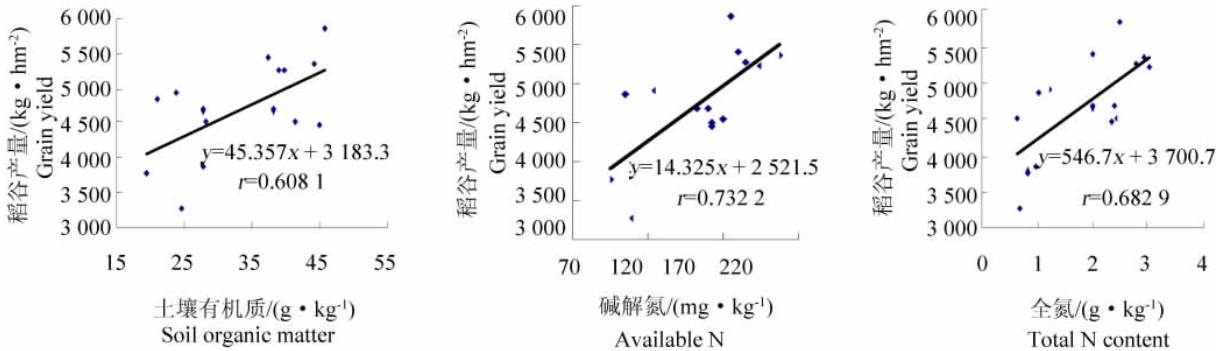


图 1 土壤基础肥力与早稻产量的关系

Fig. 1 The relationship between fundamental fertility of soil and grain yield in early rice

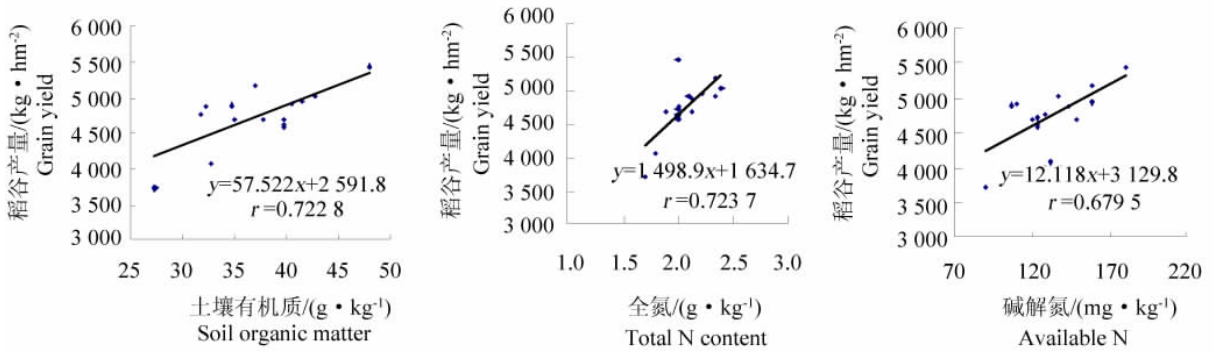


图 2 土壤基础肥力与晚稻产量的关系

Fig. 2 The relationship between fundamental fertility of soil and grain yield in late rice

### 2.2 双季水稻不同产量水平下 100 kg 稻谷的需氮量

早、晚稻生产 100 kg 稻谷的需氮量与稻谷产量均呈抛物线关系(图 3)。早稻为:  $Y = -3\,564.5X^2 + 15\,430.0X - 8\,950.3$ ; 晚稻为:  $Y = -14\,051.0X^2 + 61\,936.0X - 60\,079.0$ , 均达极显著水平,最后由回归方程算出不同目标产量下 100 kg 稻谷需氮量(表 3)。

### 2.3 双季水稻的氮肥当季利用率

从表 4 可以看出,氮肥当季利用率变幅在 27.42% ~ 65.79%,其中早稻为  $40.96\% \pm 5.06\%$ ,晚稻为  $44.64\% \pm 8.44\%$ 。已有的研究表明<sup>[12-13]</sup>,早稻氮肥基肥:穗肥为 7:3、晚稻为 7:3 或 6:4 时有利于高产。表 4 表明,在这种氮肥运筹下,早、晚稻的氮肥当季利用率分别为 41.55% 和 47.63%。故在南昌地区进行精量施氮计算时,早稻可考虑用 40%、晚稻可考虑用 45% 作为氮肥当季利用率的参数值。

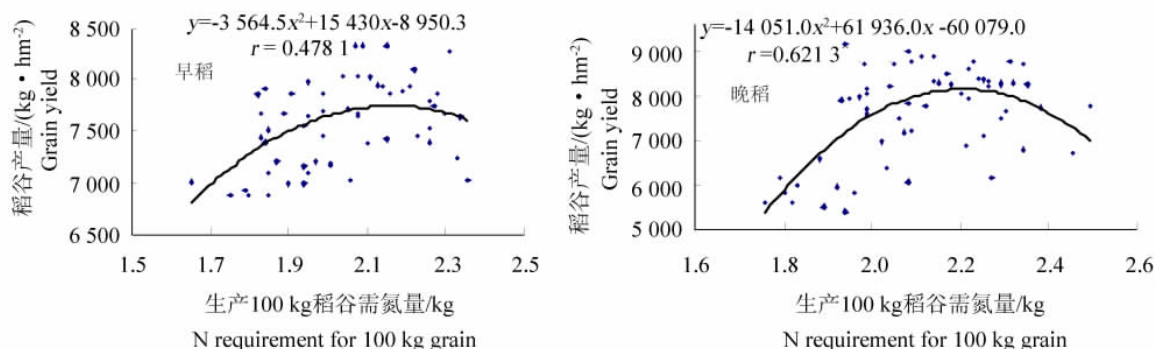


图3 早、晚稻生产100 kg 稻谷需氮量与产量的相关性

Fig. 3 The relationship between N requirement for 100 kg grain of early and late rice and grain yield

表3 不同产量水平下生产100 kg 稻谷需氮量

Tab. 3 N requirement for production 100 kg grain under different grain yield

目标产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Aim - yield	早稻 Early rice			晚稻 Late rice		
	100 kg 稻谷需氮量/kg N requirement for production 100 kg grain	6 750	7 500	8 250	6 750	7 500
	1.63	1.91	1.97	1.89	1.98	2.17

## 2.4 双季水稻精量施氮验证结果

根据土壤5个肥力因素与早、晚稻产量的关系,供试早、晚稻稻田的基础地力产量分别为5362.1 kg/hm<sup>2</sup>和5426.7 kg/hm<sup>2</sup>。基于上述已确定的双季水稻精确施氮参数(表3和表4),早稻达到目标产量7500 kg/hm<sup>2</sup>和8250 kg/hm<sup>2</sup>的需氮量分别为157.0 kg/hm<sup>2</sup>和205.2 kg/hm<sup>2</sup>;晚稻分别为164.8 kg/hm<sup>2</sup>和232.62 kg/hm<sup>2</sup>。试验结果(表5)表明:(1)早稻估计地力产量(5362.1 kg/hm<sup>2</sup>)比实际地力产量(5173.35 kg/hm<sup>2</sup>)高3.65%,基本相符;晚稻估计地力产量(5426.7 kg/hm<sup>2</sup>)比实际地力产量(6297.70 kg/hm<sup>2</sup>)低16.05%,相差较大。在不施氮时100 kg 稻谷需氮量早、晚稻分别为1.58 kg和1.33 kg,与确定的参数1.50 kg和1.37 kg相差不大。(2)早稻达到7500 kg/hm<sup>2</sup>和8250 kg/hm<sup>2</sup>产量时的实际施氮量分别为153 kg/hm<sup>2</sup>和207 kg/hm<sup>2</sup>,较理论施氮量分别低2.61%和-0.87%,基本符合;生产100 kg 稻谷的需氮量与确定的参数1.91 kg和1.97 kg没差异;氮肥当季利用率较确定的参数40%分别高11.20%和1.95%,也基本一致。(3)晚稻达到7500 kg/hm<sup>2</sup>和8250 kg/hm<sup>2</sup>产量时的实际施氮量分别为162.75 kg/hm<sup>2</sup>和197.7 kg/hm<sup>2</sup>,较理论施氮量分别低1.26%和17.65%,但施氮量232.5 kg/hm<sup>2</sup>时的产量与目标产量相比也仅高4.68%,与理论施氮量的产量接近,因此目标产量的理论施氮量基本准确;生产100 kg 稻谷的需氮量与确定的参数1.98 kg和2.17 kg相比分别高4.04%和-1.40%,差异很小;氮肥当季利用率较确定的参数45%分别低14.68%和0.30%,也基本一致。说明本研究所确定的精确施氮参数可行,可用于指导江西南昌地区双季水稻的精量施氮工作。

## 3 讨论

目标产量需氮量、土壤氮素供应量和氮肥当季利用率是精确施氮的3个参数,因变异大而在生产上难以应用。以凌启鸿<sup>[9]</sup>为首的研究小组,以高产为主线,通过良种、壮秧、合理密度、合理施肥等控制条件,解决了参数不稳定的难题。提出了3个参数实用的确定方法和适合江苏省内应用的适宜值,即基础地力产量为6000 kg/hm<sup>2</sup>左右,每生产100 kg 稻谷需氮量为1.60 kg;目标产量在9750~10500 kg/hm<sup>2</sup>条件下,每生产100 kg 稻谷需氮量为2.1 kg,氮肥当季利用率为40%。本研究认为,江西南昌地区水稻精量施氮几个主要参数为:无氮区早稻稻谷产量为5039.49 kg/hm<sup>2</sup>,生产100 kg 稻谷需氮量为1.50 kg,目标产量为7500 kg/hm<sup>2</sup>条件下,每100 kg 稻谷需氮量为1.91 kg,氮肥当季利用率为40%;而无氮区晚稻稻谷产量为5347.49 kg/hm<sup>2</sup>,生产100 kg 稻谷的需氮量为1.37 kg,目标产量为8250 kg/hm<sup>2</sup>条

表 4 早、晚稻氮肥利用率

Tab. 4 The data of fertilizer – N uptake efficiency in early and late rice

早稻 Early rice			晚稻 Late rice		
施氮量 / (kg · hm <sup>-2</sup> ) Amount N – applied	施氮比例 Proportion of N application	氮肥利用率 / % Fertilizer – N uptake efficiency	施氮量 / (kg · hm <sup>-2</sup> ) Amount N – applied	施氮比例 Proportion of N application	氮肥利用率 / % Fertilizer – N uptake efficiency
180	10:0	35.57	232.5	10:0	27.42
180	9:1	34.47	195	9:1	37.17
180	9:1	35.99	195	9:1	24.86
180	9:1	39.13	195	9:1	29.11
195	9:1	46.07	195	9:1	31.48
180	9:1	39.45	232.5	9:1	39.55
180	8:2	32.52	195	8:2	45.71
180	8:2	33.41	195	8:2	35.36
180	8:2	36.99	195	8:2	32.22
180	8:2	46.18	195	8:2	40.89
180	8:2	42.72	232.5	8:2	38.19
195	8:2	46.96	140	7:3	47.22
105	7:3	44.10	140	7:3	50.89
105	7:3	42.46	140	7:3	47.11
105	7:3	40.45	140	7:3	49.54
135	7:3	47.99	140	7:3	45.58
150	7:3	47.63	140	7:3	47.77
165	7:3	49.96	165	7:3	34.43
180	7:3	40.47	165	7:3	40.37
180	7:3	44.24	165	7:3	44.05
180	7:3	38.60	165	7:3	41.43
180	7:3	40.29	195	7:3	48.44
180	7:3	45.30	195	7:3	51.46
180	7:3	42.28	195	7:3	45.98
180	7:3	30.00	195	7:3	48.08
180	7:3	39.73	195	7:3	51.14
180	7:3	37.00	210	7:3	37.85
195	7:3	47.22	210	7:3	44.05
195	7:3	37.60	225	7:3	56.72
195	7:3	49.96	225	7:3	55.96
225	7:3	40.43	232.5	7:3	42.93
225	7:3	47.85	140	6:4	44.77
225	7:3	37.89	140	6:4	46.19
270	7:3	34.28	140	6:4	46.68
270	7:3	30.03	140	6:4	51.20
180	6:4	42.14	140	6:4	42.75
180	6:4	38.58	140	6:4	43.36
180	6:4	43.27	232.5	6:4	46.08
180	6:4	47.56	195	6:4	56.75
195	6:4	44.90	195	6:4	54.40
180	5:5	39.11	195	6:4	65.79
180	5:5	45.16	195	5:5	54.90
180	5:5	43.34	195	5:5	58.87
180	5:5	37.92	232.5	5:5	43.12
195	5:5	41.32	232.5	4:6	43.35
180	4:6	39.34	232.5	3:7	42.10
180	3:7	37.07			
平均 Average		40.96 ± 5.06	平均 Average		44.64 ± 8.44

表5 水稻精量施氮验证试验  
Tab.5 Validation test of quantitative nitrogen application

品种 Variety	施氮量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Amount N - applied	产量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Yield	100 kg 稻谷需氮量/kg N requirement for production 100 kg grain	总吸氮量/ (kg · hm <sup>-2</sup> ) Total N uptaked	氮肥利用率/% Fertilizer - N uptake efficiency
淦鑫 203	0	5 173.35	1.58	81.96	
Ganxin203	126	7 437.36	1.83	135.98	42.87
	153	7 875.04	1.91	150.02	44.48
	180	8 155.60	1.95	159.30	42.96
	207	8 417.50	1.98	166.38	40.78
	234	8 043.39	2.08	167.00	36.34
淦鑫 688	0	6 297.70	1.33	90.47	
Ganxin688	162.75	7 492.50	2.06	154.34	39.24
	197.7	8 355.30	2.14	179.15	44.85
	232.5	8 628.15	2.22	191.15	43.30
	267.45	8 316.00	2.32	192.95	38.32
	302.25	8 360.25	2.35	196.88	35.20

件下,每 100 kg 稻谷需氮量为 2.17 kg,氮肥当季利用率为 45%。有研究<sup>[14]</sup>认为可以将全氮和有机质作为土壤供 N 能力指标;但也有不少研究者<sup>[15]</sup>持反对观点。谢学金等<sup>[16]</sup>研究认为土壤碱解氮和土壤有机质能较好地反映土壤基础供氮能力;本研究认为,无论是早稻田块还是晚稻田块,土壤全氮最能反映土壤基础供氮能力。

验证结果表明,本研究找出的双季水稻空白区的基础产量、生产 100 kg 稻谷需氮量和氮肥的当季利用率这三大参数值比较符合实际,可作为江西南昌地区发展水稻精确施氮技术的量化指标。

#### 参考文献:

- [1] 闰德智,王德建.土壤供氮能力研究方法进展[J].土壤,2005,37(1):20-24.
- [2] 曹志洪.施肥与大气环境质量——论施肥对环境的影响[J].土壤,2003,35(4):265-270.
- [3] 黄卉,严桂珠,朱德进,等.水稻氮肥精确定量施用技术研究[J].上海农业科技,2006(6):44-45.
- [4] 傅文义.水稻需肥规律及施肥技术[J].新疆农业科技,1997(4):26.
- [5] 尤志明,黄景灿,陈明朗,等.杂交水稻氮钾肥施用量的研究[J].福建农业学报,2007,22(1):5-9.
- [6] 谢金木.氮肥用量对晚粳稻秀优5号生长及产量的影响[J].浙江农业科学,2007(2):181-183.
- [7] 王兴,徐长军,张昌松.氮肥运筹对水稻产量及品质的影响[J].土壤肥料,2007(8):77-78.
- [8] 彭少兵,黄见良,钟旭华,等.提高中国稻田氮肥利用率的研究策略[J].中国农业科学,2002,35(9):1095-1103.
- [9] 凌启鸿,张洪程,戴其根,等.水稻精确定量施氮研究[J].中国农业科学,2005,38(12):2457-2467.
- [10] 陈蓉蓉,周治国,曹卫星,等.农田精确施肥决策支持系统的设计和实现[J].中国农业科学,2004,37(4):516-521.
- [11] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,2000:34-83.
- [12] 李木英,石庆华,王涛,等.氮肥运筹对两优996吸氮、干物质生产和产量的影响[J].江西农业大学学报,2008,30(2):187-193.
- [13] 李木英,石庆华,潘晓华,等.淦鑫688氮素营养特性及其与群体发育和产量形成的关系[J].江西农业大学学报,2009,31(2):183-193.
- [14] 李生秀,付会芳,袁虎林,等.几种测氮方法在反映土壤供氮能力方面的效果[J].土壤,1990,22(4):197-197.
- [15] 李菊梅,王朝辉,李生秀.有机质、全氮和可矿化氮在反映土壤供氮能力方面的意义[J].土壤学报,2003,40(2):232-238.
- [16] 谢学金,谭和芳,薛冬娥,等.水稻优质高产精确施氮参数研究[J].土壤,2006,38(3):342-345.