

# 南方水稻氮素吸收与利用效率的基因型差异及评价

江立庚<sup>1,2</sup> 戴廷波<sup>1</sup> 韦善清<sup>2</sup> 甘秀芹<sup>2</sup> 徐建云<sup>2</sup> 曹卫星<sup>1\*</sup>

(1 南京农业大学农业部作物生长调控重点开放实验室, 南京 210095)

(2 广西大学作物栽培学与耕作学重点实验室, 南宁 530005)

**摘 要** 以南方籼型水稻(*Oryza sativa*)品种为试验材料进行大田试验,以探讨提高水稻氮素吸收与利用效率的基因型潜力。结果表明,除早季分蘖期氮素积累量、干物质生产效率和抽穗期氮素积累量以及晚季氮素运转效率外,各基因型氮素吸收与利用效率存在显著或极显著的差异,提高水稻氮素吸收与利用效率的基因型潜力很大。基因型生育期对其氮素吸收与利用效率产生重要影响,生育期较长的基因型其氮素吸收效率、稻谷和干物质生产效率以及农艺效率较高。杂交稻氮素的生产效率、农艺效率、回收效率和收获指数较常规稻高,但二系杂交稻并没有比三系杂交稻明显提高。通过排序方式对各基因型氮素吸收与利用效率进行评价的结果表明,不同氮素吸收与利用效率指标的排序以及同一指标早晚季的排序均存在较大差异。氮素吸收与利用效率经标准化后的综合排序可对各基因型的氮素吸收与利用效率进行综合评价,吻合系数则可较好地反映各基因型早晚季氮素吸收与利用效率的排序。

**关键词** 水稻 氮素吸收效率 氮素利用效率 基因型差异 评价

## GENOTYPIC DIFFERENCES AND VALUATION IN NITROGEN UPTAKE AND UTILIZATION EFFICIENCY IN RICE

JIANG Li-Geng<sup>1,2</sup> DAI Ting-Bo<sup>1</sup> WEI Shan-Qing<sup>2</sup> GAN Xiu-Qin<sup>2</sup> XU Jian-Yun<sup>2</sup> and CAO Wei-Xing<sup>1\*</sup>

(1 Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Ministry of Agriculture, Nanjing 210095, China)

(2 Key Laboratory of Crop Cultivation and Farming System of Guangxi University, Nanning 530005, China)

**Abstract** The low price of rice has placed farmers in a cost-price squeeze, and extravagant nitrogen application in rice agriculture has resulted in a decrease in nitrogen uptake and utilization efficiency and serious environmental pollution. This has caused scientists to pay more and more attention to rice nitrogen uptake and utilization efficiency. These field experiments were conducted using *indica* hybrid rice (*Oryza sativa*) to explore the genetic potentiality of increasing nitrogen uptake and utilization efficiency. Seven parameters of nitrogen uptake and utilization, TNA (Total nitrogen accumulation), NDMPE (Nitrogen dry matter production efficiency), NGPE (Nitrogen grain production efficiency), NTE (Nitrogen transportation efficiency), NHI (Nitrogen harvest index), NAE (Nitrogen agronomy efficiency) and NRE (Nitrogen recovery efficiency), were measured. Results showed that there were significant or highly significant differences in these seven parameters among genotypes, except for TNA and NDMPE at tillering of early season rice, TNA at heading of early season rice and NTE at late season rice. Long growth duration could increase TNA, NDMPE, NGPE, and NAE. NDMPE, NGPE, NAE, NRE and NHI for hybrid rice were higher than for inbred rice. The seven parameters of two-line hybrid rice and three-line hybrid rice were almost equal at early season, and NGPE, NHI, NAE, NRE and TNA of two-line hybrid rice were smaller than that of three-line hybrid rice at late season. This indicated that both nitrogen uptake and utilization efficiency of two-line rice were not increased.

Ranking methods were employed in order to make an exact valuation for nitrogen uptake and utilization efficiency of genotypes. Ranking results indicated that there were great differences among different parameters and between early and late season rice in the same parameter. The genotypes were ranked according to the means of the seven parameters after standard transformation, which provided a way for comprehensive valuation of nitrogen uptake and utilization efficiency of the genotypes. Considering the difference in integration ranking of genotypes at early and late season, a coincidence index (square root of means of square of integration ranking difference of identical genotypes at early and late season) was employed to evaluate the coincidence degree of integration ranking of genotypes at early and late season. Results showed that, of 30 genotypes, integration rankings of 'Zhongyou 253', 'Zaoxiang 1', 'Guyou 11' and '65396' at early and late season coincided well, and of the seven parameters, integration rankings of NDMPE at early and late season coincided well.

收稿日期: 2002-03-14 接受日期: 2002-12-17

基金项目: 国家自然科学基金(39670428, 30030090)、广西区教育厅科学基金(桂教科研字(2002)316号)和广西大学科学基金资助项目

\* 通讯作者 Author for correspondence E-mail: caow@njau.edu.cn

**Key words** Rice (*Oryza sativa*), Nitrogen uptake efficiency, Nitrogen utilization efficiency, Genotypic differences, Valuation

农业生产中大量使用化肥特别是氮肥所引起的养分利用效率下降以及生产成本提高和水土污染等问题已经引起了人们的普遍关注。挖掘和利用作物自身的潜力是提高养分利用效率的理想途径。为了探讨水稻高效利用氮素的基因型潜力,国际水稻所从 20 世纪 80 年代起连续多年研究水稻氮素利用效率的基因型差异 (Broadbent *et al.*, 1987; de Datta & Broadbent, 1988; 1990; 1993; Tirol-Padre *et al.*, 1996),我国也相继开展了这方面的研究(张云桥等, 1989;Wu & Tao, 1995;单玉华等, 2001),取得了一些有益的进展。然而,国际国内对水稻氮素利用效率基因型差异的研究多以常规品种(品系)为主要材料,而较少涉及杂交水稻的基因型差异。我国是一

个杂交水稻大国,其年种植面积约占水稻种植面积的一半左右。为此,本文以南方稻区具有代表性的籼型杂交组合为主要材料,结合特色常规品种,系统地评价和分析了水稻氮素吸收与利用效率的基因型差异。

1 材料和方法

试验于 2001 年早季和晚季分别在广西大学教学科研基地进行。试验田土壤主要理化特性: pH 5.81,有机质 0.92%,阳离子交换量 24.19 cmol·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.15%,碱解氮 116.1 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 21.30 mg·kg<sup>-1</sup>,有效硅 21.41 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾 233.1 mg·kg<sup>-1</sup>。试验材料及生育特性见表 1。

表 1 试验用水稻基因型及其主要生育特性  
Table 1 Rice genotypes and their main growth and development characters

品种(组合) Variety (Combination)	类型 Type	早季生育期 Growth duration at early season (d)	晚季生育期 Growth duration at late season (d)
早香一号 Zaoxiang 1	常规品种 Inbred	116	93
中优 517 Zhongyou 517	三系籼杂 Three-line hybrid	116	93
安杂 517 Anza 517	二系籼杂 Two-line hybrid	116	93
汕优桂 99 Shanyougui 99	三系籼杂 Three-line hybrid	129	98
培杂茂三 Peizamaosan	二系籼杂 Two-line hybrid	129	98
培杂山青 Peizashanqing	二系籼杂 Two-line hybrid	129	101
金优桂 99 Jinyougui 99	三系籼杂 Three-line hybrid	129	98
中优桂 99 Zhongyougui 99	三系籼杂 Three-line hybrid	129	98
中优 838 Zhongyou 838	三系籼杂 Three-line hybrid	125	98
金优 253 Jinyou 253	三系籼杂 Three-line hybrid	125	98
优优 122 Youyou 122	三系籼杂 Three-line hybrid	125	95
粤杂 122 Yueza 122	二系籼杂 Two-line hybrid	129	101
培杂 77 Peiza 77	二系籼杂 Two-line hybrid	129	101
65396	二系籼杂 Two-line hybrid	129	101
枝优 253 Zhiyou 253	三系籼杂 Three-line hybrid	129	98
优 I 253 You I 253	三系籼杂 Three-line hybrid	125	95
中优 253 Zhongyou 253	三系籼杂 Three-line hybrid	129	98
培杂 99 Peiza 99	二系籼杂 Two-line hybrid	129	98
珍桂矮 Zhengui'ai	常规品种 Inbred	129	98
八桂香 Baguixiang	常规品种 Inbred	129	98
固优 11 号 Guyou 11	常规品种 Inbred	129	101
特优 838 Teyou 838	三系籼杂 Three-line hybrid	129	112
协优 9308 Xieyou 9308	三系籼杂 Three-line hybrid	129	105
D 优 68 D you 68	三系籼杂 Three-line hybrid	133	112
汕优 63 Shanyou 63	三系籼杂 Three-line hybrid	133	105
特优桂 99 Teyougui 99	三系籼杂 Three-line hybrid	133	105
特优 63 Teyou 63	三系籼杂 Three-line hybrid	133	112
II 优 63 II you 63	三系籼杂 Three-line hybrid	133	112
II 优 838 II you 838	三系籼杂 Three-line hybrid	133	112
两优培九 Liangyoupeiuiu	二系籼杂 Two-line hybrid	133	112

大田采用裂区试验设计,施氮水平为主区,品种为副区,主区内各品种随机排列,重复3次。施氮水平设施氮( $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ,尿素作氮源,作基肥一次施入)和不施氮两个处理。早季采用塑盘早育秧,每穴点播两粒,3月3日播种,3月27日选双苗 $10\text{ cm}\times 27\text{ cm}$ 移栽。晚季采用半水育秧,7月15日播种,8月5日相同规格移栽。其它管理同一般大田水稻生产。

分蘖期、抽穗期和成熟期在调查苗穗数的基础上,每小区取代表性植株3穴,分器官烘干、称重、粉碎后,用德国产自动凯氏定氮仪(VAP50)测定植株各器官含氮量,并按以下方法计算氮素吸收与利用效率各指标:

氮素积累总量(Total nitrogen accumulation, TNA):成熟期单位面积植株(茎、叶和穗)氮素积累量的总和。

氮素干物质生产效率(Nitrogen dry matter production efficiency, NDMPE):单位面积植株干物质总量与单位面积植株氮素积累总量的比值。

氮素稻谷生产效率(Nitrogen grain production efficiency, NGPE):单位面积水稻籽粒产量与单位面积植株氮素积累总量的比值。

氮素运转效率(Nitrogen transportation efficiency, NTE):单位面积植株抽穗后茎叶氮表观输出量(抽穗期茎叶氮总量与成熟期茎叶氮总量之差)占抽穗期茎叶氮积累总量的百分比。

氮素收获指数(Nitrogen harvest index, NHI):成熟期单位面积植株穗部氮素积累量占植株氮素积累总量百分比。

氮素农艺效率(Nitrogen agronomy efficiency, NAE):施氮肥区与不施氮肥区稻谷产量( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )

之差与施氮水平( $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )之比,即单位施氮量的产量增加量。

氮素回收效率(Nitrogen recovery efficiency, NRE):施氮肥区与不施氮肥区植株氮素积累量( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )之差占施氮量( $75\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )的百分比。

用国际水稻所的排序方法评价各基因型的氮素吸收与利用效率(Broadbent *et al.*, 1987)。由于根据不同指标所得的基因型排序相差很大,因此,本文将氮素吸收与利用效率数值标准化后计算各基因型氮素吸收与利用效率平均值,并以此进行综合排序。同时,用吻合系数(同一基因型各氮素吸收与利用效率早晚期排序之差的平方之平均的平方根值)来评价各基因型早晚期排序的吻合程度。

2 结果与分析

2.1 水稻氮素吸收与利用效率的基因型差异

2.1.1 水稻氮素吸收与利用效率的基因型变异

表2表明,籼型杂交水稻氮素吸收与利用效率除晚期氮素运转效率外均存在显著或极显著的基因型变异。这表明,提高水稻氮素吸收与利用效率的遗传潜力是很大的。7个指标中,变异幅度最大的是氮素农艺效率,其早、晚期最大值分别比最小值高426.5%和378.8%,变异幅度最小的是氮素收获指数,其早、晚期最大值仅比最小值高约23.5%。

2.1.2 不同类型水稻氮素吸收与利用效率的比较

表3表明,水稻氮素吸收和利用效率与其生育期关系密切,其氮素积累总量、干物质和稻谷生产效率、农艺效率和回收效率随生育期延长而增加,而其氮素运转效率和收获指数随生育期延长而降低。中熟组基因型的氮素吸收总量、干物质和稻谷生产效率、农艺效率和回收效率早、晚期平均分别比早熟组

表 2 水稻氮素吸收与利用效率的基因型差异  
Table 2 Genotypic differences of nitrogen uptake and utilization efficiency in rice

栽培季节 Season	项目 Item	NDMPE ( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	NGPE ( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	NHI (%)	NTE (%)	NAE ( $\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$ )	NRE (%)	TNA ( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
早季 Early	最大值 Max.	109.85	62.38	70.85	57.16	18.27	22.93	138.16
	最小值 Min.	84.32	43.2	57.18	21.19	3.47	12.38	87.71
	平均值 Mean	98.09	54.14	66.46	41.95	9.66	16.84	116.70
	F 值 F value	3.63**	2.85**	4.42**	1.68*	8.86**	1.95*	1.98*
晚季 Late	最大值 Max.	117.79	63.54	71.50	62.68	18.05	26.33	98.36
	最小值 Min.	84.26	46.32	58.01	39.00	3.47	9.41	63.43
	平均值 Mean	106.89	57.39	66.38	51.18	9.16	18.8	78.67
	F 值 F value	6.74**	2.19**	2.00**	1.26	4.18**	1.88*	1.82*

NDMPE:氮素干物质生产效率 Nitrogen dry matter production efficiency NGPE:氮素稻谷生产效率 Nitrogen grain production efficiency NHI:氮素收获指数 Nitrogen harvest index NTE:氮素运转效率 Nitrogen transportation efficiency NAE:氮素农艺效率 Nitrogen agronomy efficiency NRE:氮素回收效率 Nitrogen recovery efficiency TNA:氮素总吸收量 Total nitrogen amount \*:差异显著 Significant difference ( $p < 0.05$ ) \*\*:差异极显著 Highly significant difference ( $p < 0.01$ )

表 3 不同生育期水稻氮素吸收与利用效率比较  
Table 3 Comparison of nitrogen uptake and utilization efficiency among rice genotypes with different growth durations

栽培季节 Season	生育期 Growth duration (d)	NDMPE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NGPE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NTE (%)	NHI (%)	NAE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NRE (%)	TNA (kg·hm <sup>-2</sup> )
早季 Early	< 120	87.10	48.03	49.19	69.31	6.27	15.21	102.49
	120 ~ 130	97.77	54.38	42.15	66.73	9.53	16.76	117.15
	> 130	103.73	56.06	38.30	64.61	10.58	17.78	121.52
晚季 Late	< 95	94.45	50.44	54.40	67.72	6.20	12.99	67.07
	95 ~ 104	106.61	57.57	50.26	66.14	9.02	18.47	79.28
	> 104	111.43	59.86	52.40	66.50	10.84	19.96	81.31

NDMPE, NGPE, NTE, NHI, NAE, NRE, TNA:同表 2 See Table 2

表 4 常规稻与杂交稻氮素吸收与利用效率比较  
Table 4 Comparison of nitrogen uptake and utilization efficiency between inbred and hybrid rice

栽培季节 Season	品种类型 Variety type	NDMPE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NGPE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NTE (%)	NHI (%)	NAE (kg·kg <sup>-1</sup> )	NRE (%)	TNA (kg·hm <sup>-2</sup> )
早季 Early	常规稻 Inbred	93.21	50.39	43.51	65.72	6.75	14.66	112.90
	三系杂交稻 Three-line hybrid	98.57	54.65	42.43	66.61	9.58	17.21	117.28
	二系杂交稻 Two-line hybrid	99.57	54.89	39.77	66.54	9.28	17.08	117.30
晚季 Late	常规稻 Inbred	99.60	51.67	52.91	65.26	6.00	16.61	73.41
	三系杂交稻 Three-line hybrid	107.48	58.88	49.83	66.79	10.23	19.67	82.20
	二系杂交稻 Two-line hybrid	109.45	56.56	53.85	65.91	8.09	17.41	72.08

NDMPE, NGPE, NTE, NHI, NAE, NRE, TNA:同表 2 See Table 2

表 5 水稻不同生育期氮素吸收量与干物质生产效率的基因型差异  
Table 5 Genotypic differences of nitrogen accumulation and dry matter production efficiency at different stages

栽培季节 Season	项目 Item	分蘖期 Tillering		抽穗期 Heading		成熟期 Ripening	
		NDMPE	TNA	NDMPE	TNA	NDMPE	TNA
		(kg·kg <sup>-1</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )	(kg·kg <sup>-1</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )	(kg·kg <sup>-1</sup> )	(kg·hm <sup>-2</sup> )
早季 Early	最大值 Max.	38.82	55.74	101.66	94.14	109.85	138.16
	最小值 Min.	33.30	40.58	69.92	66.74	84.32	87.71
	平均值 Mean	36.73	48.94	87.52	82.38	98.09	116.70
	变异系数 CV	3.62	8.58	7.68	7.40	5.77	9.36
	F 值 F-value	1.35	1.38	3.24**	1.40	3.63**	1.98*
晚季 Late	最大值 Max.	52.07	60.10	99.40	82.90	117.79	98.36
	最小值 Min.	40.66	39.23	73.55	55.47	84.26	63.43
	平均值 Mean	45.48	47.61	88.04	66.47	106.89	78.67
	变异系数 CV	5.73	10.45	7.51	9.77	6.53	10.72
	F 值 F-value	2.45**	1.99*	4.48**	1.70*	6.74**	1.82*

NDMPE, TNA, \*, \*\*: 同表 2 See Table 2

高 16.25%、12.27%、13.68%、48.74% 和 26.19%，而氮素运转效率和收获指数早、晚季平均分别比早熟组低 10.96% 和 3.03%。迟熟组基因型的氮素吸收总量、干物质和稻谷生产效率、农艺效率和回收效率早、晚季平均分别比早熟组高 19.90%、18.23%、17.70%、71.79% 和 35.28%，氮素运转效率和收获指数早、晚季平均分别比早熟组低 12.91% 和 4.29%。

表 4 表明，三系和二系杂交稻的氮素收获指数与常规稻接近，干物质和稻谷生产效率早晚季平均分别比常规稻高 6.83%、8.36% 和 11.21%、9.20%，氮素积累量早晚季平均分别比常规稻增加 7.93% 和 1.05%，但其氮素运转效率早晚季平均分别比常

规稻低 4.15% 和 3.41%。三系杂交稻与二系杂交稻比较，二者在早季的表现很接近，在晚季，二系杂交稻的氮素干物质生产效率和运转效率较三系杂交稻高，而其稻谷生产效率、收获指数、农艺效率、回收效率和氮素积累量较三系杂交稻低。这表明，二系杂交稻的氮素吸收和利用效率在整体上没有明显提高。

2.1.3 水稻不同生育期氮素吸收量与干物质生产效率的基因型差异

表 5 表明，除早季分蘖期氮素干物质生产效率和早季分蘖期及抽穗期氮素积累量外，水稻各生育期氮素吸收量和干物质生产效率存在显著或极显著的差异。从变异系数看，分蘖期的氮素干物质生产

效率变异最小,抽穗期的变异最大,抽穗期氮素干物质生产效率最大值早、晚季平均比最小值高 40.25%,而氮素积累量以成熟期的变异最大,抽穗期的变异最小,成熟期最大氮素积累量早、晚季平均值比最小值高 56.30%。这表明,评价水稻基因型氮素吸收与利用效率的时期不宜过早,氮素干物质生产效率的评价宜在抽穗期,而氮素积累能力的评价宜在成熟期。

2.2 基因型氮素吸收与利用效率的评价

表 6 表明,不同氮素吸收与利用效率指标的排序相差很大,同一氮素吸收或利用效率指标在早晚季的排序也存在较大的差异。这一试验结果与国际水稻所对常规水稻品种(品系)的研究结果相吻合(Broadbent *et al.*, 1987; de Detta & Broadbent, 1988;

1990; 1993; Tirol-Padre *et al.*, 1996)。表 7 表明,早晚季综合排序仍存在较大差异。因此,在评价各基因型氮素的吸收与利用效率时,不仅应考虑试验条件下所测得的氮素吸收与利用效率的数值大小,同时还应考虑同一品种在不同生态条件下所测氮素吸收与利用效率的吻合程度。由表 7 可知,‘中优 253’、‘早香一号’、‘固优 11 号’、‘65396’和‘汕优 63’等排序吻合较好,而‘培杂 77’、‘汕优桂 99’和‘Ⅱ优 838’排序吻合较差。利用吻合系数还可对氮素吸收与利用效率各指标早、晚季的排序吻合程度进行评价。由表 6 可知,吻合较好的是氮素的干物质生产效率,其次是氮素积累量,排序吻合最差的是氮素回收效率。

表 6 各基因型氮素吸收与利用效率排序  
Table 6 Ranking of genotypes according to nitrogen uptake and utilization efficiency

品种 Variety	NDMPE		NGPE		NTE		NHI		NAE		NRE		TNA	
	早季	晚季	早季	晚季	早季	晚季	早季	晚季	早季	晚季	早季	晚季	早季	晚季
	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late	Early	Late
早香一号 Zaoxiang 1	30	30	27	30	3	1	5	1	13	29	22	28	28	29
中优 517 Zhongyougui 517	28	26	30	27	2	21	10	16	29	13	18	18	30	25
安杂 517 Anza 517	29	24	21	26	16	16	24	4	23	23	25	29	16	30
汕优桂 99 Shanyougui 99	9	20	8	7	4	28	7	28	28	3	27	1	21	6
培杂茂三 Peizamaosan	22	11	25	3	28	20	27	10	2	2	10	3	2	16
培杂山青 Peizashanqing	5	21	3	23	8	22	1	19	12	18	17	24	29	21
金优桂 99 Jinyougui 99	26	12	18	8	18	26	17	18	18	24	20	27	18	17
中优桂 99 Zhongyougui 99	20	25	22	19	19	29	21	25	20	8	24	2	17	3
中优 838 Zhongyou 838	7	18	2	15	14	19	6	12	26	11	23	10	10	10
金优 253 Jinyou 253	16	17	4	9	21	10	13	8	16	12	3	20	12	8
优优 122 Youyou 122	18	29	17	12	1	24	8	3	4	4	12	8	25	7
粤杂 122 Yueza 122	14	8	12	5	10	17	14	5	7	6	26	7	23	12
培杂 77 Peiza 77	10	6	26	10	29	2	28	4	3	30	11	25	7	22
65396	4	5	9	20	12	7	18	7	9	10	9	19	24	20
枝优 253 Zhiyou 253	27	10	20	6	9	14	9	6	15	9	8	22	4	5
优 I 253 You I 253	23	28	7	25	15	13	2	17	6	25	2	9	15	9
中优 253 Zhongyou 253	24	14	24	18	11	12	19	14	23	17	5	6	14	13
培杂 99 Peiza 99	25	19	19	24	17	8	15	24	10	27	4	13	9	26
珍桂矮 Zhengui'ai	21	7	14	4	7	18	3	11	30	14	28	26	11	28
八桂香 Baguixiang	17	27	29	29	24	25	29	30	25	22	29	5	27	11
固优 11 号 Guyou 11	19	22	23	28	23	15	22	27	19	28	7	21	13	15
特优 838 Teyou 838	13	15	13	17	22	6	20	15	11	26	16	30	3	27
协优 9308 Xieyou 9308	11	23	11	22	20	27	25	29	17	15	30	14	26	19
D 优 68 D you 68	2	16	6	16	27	30	24	26	27	20	6	4	19	2
汕优 63 Shanyou 63	8	9	5	14	6	9	11	9	22	19	15	17	6	23
特优桂 99 Teyougui 99	6	13	10	11	13	11	12	21	21	5	13	12	22	18
特优 63 Teyou 63	15	2	15	1	25	23	23	13	8	21	1	23	8	4
Ⅱ 优 63 Ⅱ you 63	3	4	16	13	26	3	26	20	1	7	14	16	5	14
Ⅱ 优 838 Ⅱ you 838	12	3	28	2	30	5	30	2	5	1	19	11	1	1
两优培九 Liangyoupeijiu	1	1	1	21	5	4	16	22	14	16	21	15	20	24
CI	0.57		0.74		0.79		0.73		0.76		0.83		0.71	

CI:吻合系数 Coincidence index NDMPE, NGPE, NTE, NHI, NAE, NRE, TNA: 同表 2 See Table 2

表 7 各基因型氮素吸收与利用效率综合排序及吻合系数  
Table 7 Ranking of genotypes according to nitrogen uptake and utilization efficiency after standardization transform and individual coincidence index

品种 Variety	早季 Early	晚季 Late	吻合系数 Coincidence index
早香一号 Zaoxiang 1	27	28	0.44
中优 517 Zhongyou 517	29	25	0.64
安杂 517 Anza 517	26	30	0.59
汕优桂 99 Shanyougui 99	15	9	1.26
培杂茂三 Peizamaosan	19	2	0.83
培杂山青 Peizashanqing	9	24	0.87
金优桂 99 Jinyougui 99	23	23	0.49
中优桂 99 Zhongyougui 99	24	18	0.75
中优 838 Zhongyou 838	11	12	0.67
金优 253 Jinyou 253	3	8	0.54
优优 122 Youyou122	4	6	0.79
粤杂 122 Yueza 122	16	3	0.64
培杂 77 Peiza 77	22	15	1.26
65396	8	10	0.48
枝优 253 Zhiyou 253	13	4	0.63
优 I 253 You I 253	1	21	0.78
中优 253 Zhongyou 253	18	13	0.35
培杂 99 Peiza 99	12	20	0.72
珍桂矮 Zhengui ai	20	19	0.77
八桂香 Baguixiang	30	29	0.75
固优 11 号 Guyou 11	21	27	0.47
特优 838 Teyou 838	10	22	0.87
协优 9308 Xieyou 9308	25	26	0.60
D 优 68 D you 68	17	17	0.60
汕优 63 Shanyou 63	6	16	0.49
特优桂 99 Teyougui 99	14	11	0.49
特优 63 Teyou 63	7	7	0.81
II 优 63 II you 63	5	5	0.62
II 优 838 II you 838	28	1	1.16
两优培九 Liangyoupei jiu	2	14	0.54

3 结论与讨论

本文以南方水稻材料为主,证明了水稻氮素吸收与利用效率存在显著或极显著的基因型差异。基因型生育期对其氮素吸收与利用效率产生重要影响,较长的生育期不仅有利于氮素积累和提高氮素回收效率,而且还可以提高氮素的干物质和稻谷生产效率。杂交稻的氮素吸收与生产效率均较常规稻有较大幅度的提高,但二系杂交稻并没有比三系杂交稻有明显的提高,甚至晚季比三系杂交稻还低。不同基因型氮素吸收、利用差异的生理生化基础有

待进一步研究。本文所提出的氮素吸收与利用效率的 7 个指标反映了氮素吸收与利用的不同方面。在对水稻进行遗传改良以提高其氮素吸收与利用效率时,应有明确的目标与重点。作者认为,提高氮素的干物质或稻谷生产效率应该是遗传改良的重点。因为,只有提高氮素的生产效率,才能从根本上控制氮肥施用量和减轻施用氮肥所带来的环境污染。

利用水稻自身潜力以提高其氮素吸收与利用效率的潜力是很大的,但准确地评价某一基因型的氮素吸收或利用效率仍有一定困难。因为,用传统的田间或盆栽方法测定大批量材料的氮素吸收与利用效率时,工作量过大。再者,尽管一些基因型在不同生态条件下测得的结果吻合较好,但大多数基因型在不同生态条件下所测得的氮素吸收与利用效率吻合较差。因此,如何准确而快速地鉴定基因型氮素吸收与利用效率是有待研究解决的一个重要课题。本文采用综合排序结合吻合系数方法综合评价各基因型氮素吸收与利用效率,这是一种有益尝试,是否具有普适性,有待进一步研究。

参 考 文 献

Broadbent, F. E., S. K. de Datta & E. V. Laureles. 1987. Measurement of nitrogen utilization efficiency in rice genotype. *Agronomy Journal*, **79**: 786 ~ 791.

de Datta, S. K. & F. E. Broadbent. 1988. Methodology for evaluating nitrogen utilization efficiency by rice genotypes. *Agronomy Journal*, **80**: 793 ~ 798.

de Datta, S. K. & F. E. Broadbent. 1990. Nitrogen-use efficiency of 24 rice genotypes on an deficient soil. *Field Crops Research*, **23**: 81 ~ 92.

de Datta, S. K. & F. E. Broadbent. 1993. Development changes related to nitrogen-use efficiency in rice. *Field Crops Research*, **34**: 47 ~ 56.

Tirol-Padre, A., J. K. Ladha & U. Singh. 1996. Grain yield performance of rice genotypes at suboptimal levels of soil N as affected by N uptake and utilization efficiency. *Field Crops Research*, **46**: 127 ~ 143.

Zhang, Y. Q. (张云桥), R. S. Wu (吴荣生) & N. Jiang (蒋宁). 1989. Relationship between the efficiency of utilization of nitrogen and type of variety of rice. *Plant Physiology Communications* (植物生理学通讯), **2**: 45 ~ 47. (in Chinese)

Wu, P. & Q. N. Tao. 1995. Genotypic response and selection pressure on nitrogen-use efficiency in rice under different nitrogen regimes. *Journal of Plant Nutrition*, **3**: 487 ~ 500.

Shan, Y. H. (单玉华), Y. L. Wang (王余龙) & Yamamoto Yoshinori (山本由德). 2001. Genotypic differences of nitrogen use efficiency in various types of indica rice (*Oryza sativa* L.). *Jiangsu Agricultural Research* (江苏农业研究), **1**: 12 ~ 15. (in Chinese with English abstract)