

# 施氮量对机插杂交粳稻徐优 403 产量和品质的影响

钱银飞<sup>1</sup>, 张洪程<sup>1\*</sup>, 李杰<sup>1</sup>, 吴文革<sup>1,2</sup>, 郭振华<sup>1</sup>, 陈焯<sup>1</sup>,  
张强<sup>1</sup>, 戴其根<sup>1</sup>, 霍中洋<sup>1</sup>, 许轲<sup>1</sup>

(1 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏扬州 225009; 2 安徽省农业科学院水稻研究所, 安徽合肥 230031)

**摘要:** 软盘旱育机插条件下, 以杂交中粳徐优 403 为材料, 研究了里下河地区稻麦两熟制不同施氮量对机插杂交稻徐优 403 产量和品质的影响。结果表明, 随施氮量的增加, 机插杂交稻徐优 403 的穗数和每穗颖花数和产量呈先增后减趋势, 以 N 225 kg/hm<sup>2</sup> 处理最高; 结实率和千粒重表现为随施氮量增加而减小。施氮量主要影响稻米品质中的垩白度和垩白率, 其次为消减值, 而对其它品质指标影响较小。品质性状中的加工碾磨品质、稻米的表面积、横面积可与产量在一定程度上实现高产优质统一; 而其它品质指标则表现为对施氮存在负响应。综合来看, 机插杂交稻徐优 403 适宜施氮量以施 N 225 kg/hm<sup>2</sup> 为宜。

**关键词:** 机插杂交粳稻; 施氮量; 产量; 品质; RVA 谱

中图分类号: 511.062

文献标识码: A

文章编号: 1008-505X(2009)03-0522-07

## Effects of nitrogen application rate on yield and grain quality of mechanical-transplanted hybrid japonica rice Xuyou403

QIAN Yin-fei<sup>1</sup>, ZHANG Hong-cheng<sup>1\*</sup>, LI Jie<sup>1</sup>, WU Wen-ge<sup>1,2</sup>, GUO Zhen-hua<sup>1</sup>, CHEN Ye<sup>1</sup>,  
ZHANG qiang<sup>1</sup>, DAI Qi-gen<sup>1</sup>, HUO Zhong-yang<sup>1</sup>, XU Ke<sup>1</sup>

(1 Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China;

2 Institute of Rice Science, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031, China)

**Abstract:** Effects of the different nitrogen application rates on yield and quality of mechanical-transplanted hybrid rice were studied under the yearly rice-wheat crop system in the Lixia River area. The cultivar is Xuyou403, a mid-season hybrid japonica rice cultivar. With the increase of nitrogen application rate, the harvested panicles per plant, number of grains per panicle, and the grain yield are increased first and then decreased; the 225 kg/ha nitrogen application rate is rate for the highest production. The grain filling rate and 1000-grain weight appear to be decreased along with the increase of nitrogen application rate. The nitrogen application rate mainly affected the chalkiness degree and the chalkiness rate, then setback, the other rice qualities were less effected. The milled rice qualities, the surface area, and section area are at their best values at the 225 kg/ha nitrogen application rate, the same as the grain yield, while the other grain qualities trended to be bad with the increase of nitrogen application. Considering the grain yield and quality together, the 225 kg/ha of nitrogen fertilizer rate is suitable for rice production.

**Key words:** mechanical-transplanted hybrid rice; nitrogen application rate; yield; quality; RVA profile

近年来, 我国水稻机械化插秧技术研究与应用不断加强, 机插稻的种植面积大幅增加, 发展迅速, 对提高劳动生产率发挥了积极的作用<sup>[1]</sup>。机插秧秧田密播, 采用带土中小苗移栽(一般移栽叶龄 3.5

~4.5), 育苗生长空间和时间均有限; 而且, 栽插时存在机械植伤, 有相对较长的返青活棵期后才发生分蘖, 易造成低节位分蘖缺位和发生较少, 中间节位分蘖较多的一段分蘖发生模式, 具有区别于其他稻

收稿日期: 2008-07-25

接受日期: 2008-11-18

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划粮食丰产科技工程项目(2006BAD02A03)资助。

作者简介: 钱银飞(1980—)男, 江苏如东人, 博士研究生, 主要从事水稻优质高产轻型栽培技术研究。E-mail: xiaofeilong82@yahoo.com.cn

\* 通讯作者 Tel: 0514-87979220, E-mail: hc Zhang@yzu.edu.cn

作的独特的生长发育规律<sup>[2]</sup>。因此,制定相应的栽培措施提高机插稻产量和品质成为当前研究的热点。

施氮是提高水稻生产能力的重要栽培措施之一,能对水稻的产量和品质产生重大影响<sup>[3-8]</sup>。目前关于机插水稻施氮量的研究大多数集中在常规粳稻上<sup>[9-12]</sup>,对具有高产潜力的杂交粳稻的研究报道较少<sup>[13]</sup>;对机插杂交粳稻淀粉品质等的研究尚未见报道。Shreshtha 等<sup>[14]</sup>和 Wu 等<sup>[15]</sup>的研究认为,不同水稻品种刺激土壤生物固氮的能力不同,杂交水稻品种的氮素利用效率比半矮秆和高秆常规水稻品种高。这些研究表明,机插杂交粳稻合理施氮量应与常规稻的施氮量不同。鉴于此,本试验以重穗型杂交中粳徐优 403 为机插材料,研究里下河地区稻麦两熟制下不同施氮水平对软盘旱育机插杂交粳稻产量和品质的影响,以期确定机插杂交粳稻适宜施氮量,为机插稻高产优质高效、精确定量栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2005~2006 年在江苏省兴化市钓鱼镇钓鱼村试验基地进行。该市位于江淮之间,江苏里下河腹部,属北亚热带湿润气候区,本区雨量充沛,日照充足,四季分明,气候宜人。年平均温度 15℃ 左右,降水量 1024.8 mm,日照 2305.6 h,无霜期较长。土壤类型为脱潜型水稻土中的勤泥土土属,勤泥土土种,质地黏性,地力均衡,前茬作物是小麦(产量约 6000 kg/hm<sup>2</sup>)。2005、2006 年 0—20 cm 土层养分含量分别为:土壤有机质 19.8、22.4 g/kg,全氮 1.68、2.20 g/kg,速效磷 16.4、14.5 mg/kg,速效钾 98、131 mg/kg。供试品种为杂交粳稻徐优 403,徐州农科所育成。

试验采用软盘(软盘规格 58 cm×28 cm)旱育育秧,0.8% 浓度壮秧剂培肥。施氮量设 N 0、112.5、225、337.5、450 kg/hm<sup>2</sup> 共 5 个处理,分别记为 N1、N2、N3、N4、N5。于 5 月 26 日落谷,落谷量干种 100 g/盘(发芽率 80%),6 月 13 日采用东洋 PF455S 式插秧机机插,秧爪取秧面积纵向(横向=14 mm×14.6 mm)。插完后用小埂围成 15 个小区,每小区面积 5 m×3 m,随机排列。小区间作埂隔离,并用塑料薄膜覆盖埂体,保证各小区单独排灌,四周设保护行。肥料按基肥:蘖肥:穗肥=9:6:10 施用,蘖肥于栽后 7 和 14 d 分 2 次施,穗肥于倒 4 叶期施。磷、钾

肥一次基施,施用量为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 各 150 kg/hm<sup>2</sup>,其他管理措施按常规栽培要求实施。

### 1.2 测定内容与方法

成熟期考种、测产、验收产量。

稻米主要品质指标:整精米率、垩白率、垩白度、胶稠度等,参照文献<sup>[16]</sup>测定;精米蛋白质、直链淀粉含量采用 1241 近红外快速品质分析仪(瑞典 FOSS 公司生产)测定。

淀粉黏滞特性:采用 3-D 型 RVA 仪(澳大利亚 Newport Scientific 公司生产)速测,用 TCW(Thermal cycle for windows)配套软件进行分析。

精米外观品质:采用 RGQ1-10B 型颗粒评定仪(日本 SATAKE 公司生产)测定,配套软件分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮量对机插杂交稻产量及其构成的影响

两年试验结果(表 1)表明,适量施用氮肥(N 225 kg/hm<sup>2</sup>)均显著增加机插杂交稻徐优 403 产量,超过此施氮量的处理均有不同程度倒伏,产量下降。2005 年产量不及 2006 年主要是由于 2005 年水稻生长灌浆后期遇低温,灌浆不足导致千粒重下降所致。施氮量对产量的影响关系均呈开口向下的一元二次抛物线关系:

$$Y_{2005} = -0.0379X^2 + 20.615X + 6008.3,$$

$$r = 0.9537^{**};$$

$$Y_{2006} = -0.0399X^2 + 21.887X + 6167.7,$$

$$r = 0.9654^{**}.$$

表 1 还看出,在施氮量为 N 0~225 kg/hm<sup>2</sup> 水平范围内,水稻穗数、每穗颖花数均随施氮量的增加而显著增加,以施 N 225 kg/hm<sup>2</sup> 时穗数和每穗颖花数最多。再增加施氮量,穗数、每穗颖花数有所减少,但下降幅度较小。千粒重和结实率随施氮量的增加而下降,尤其是高施氮量处理的千粒重和结实率下降幅度较大,这可能与群体偏大、生育后期倒伏有关。不同施氮量主要影响产量构成因素中的穗数,变异系数最大,其次为结实率和每穗颖花数,千粒重受影响最小,变异系数最小。

相关及通径分析结果(表 2)表明,2005 年总颖花量、结实率和千粒重与产量相关系数分别为 0.965\*、-0.72 和 -0.674,对产量的直接通径系数分别为 1.415、0.356 和 0.166;2006 年相关系数分别为 0.946\*、-0.459 和 -0.65,直接通径系数分别为 1.212、0.559 和 -0.159。两年结果一致,说明总颖花数对产量影响起关键作用,而结实率和千粒重对

表 1 施氮量对机插稻产量及其结构组成的影响

Table 1 Effects of nitrogen application rate on yield and components of mechanical-transplanted hybrid rice

年份 Year	处理 Treatment	穗数 Panicles ( $\times 10^4/\text{hm}^2$ )	每穗颖花数 Glumes flowers (No./panicle)	结实率 Filled grain rate (%)	千粒重 1000-grain wt. (g)	实际产量 Grain yield ( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )
2005	N1	105.0 e	263.2 d	85.2 a	25.6 a	6046.7 eE
	N2	139.5 d	266.5 bc	80.1 b	25.3 b	7411.0 dD
	N3	178.0 a	272.4 a	75.2 c	25.2 c	9103.5 aA
	N4*	168.0 b	267.5 b	73.8 d	25.2 c	8442.7 bB
	N5*	163.5 c	265.6 c	70.8 e	25.0 d	7622.1 cC
	CV (%)	19.37	1.27	7.37	0.87	14.96
2006	N1	105.9 e	268.7 e	84.1 a	25.9 a	6292.4 eE
	N2	141.0 d	271.2 c	80.3 b	25.5 b	7728.5 dD
	N3	179.3 a	289.3 a	78.3 c	25.4 c	9510.0 aA
	N4*	178.2 b	277.7 b	72.1 d	25.3 d	8814.5 bB
	N5*	176.0 c	269.8 d	67.94 e	25.1 e	7950.6 cC
	CV (%)	20.68	3.10	8.47	1.28	15.09

注 (Note): 同列数据后不同字母表示差异达 5% 显著水平, 下同 Values followed by different letters within the same column are significant at 5% level. The same below. N4\* and N5\* 分别表示该小区有 20% 和 50% 的倒伏 Indicated there are 20% and 50% lodging, respectively.

表 2 产量构成因素间的相关系数及直接通径系数

Table 2 Correlation and path coefficients between the yield components

年份 Year	产量构成 Yield component	因素间相关系数 Correlation coefficient					对 Y 的效应 Pi-Y	对 X <sub>3</sub> 的效应 Pi-X <sub>3</sub>
		X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y		
2005	X <sub>1</sub>	0.803	0.999**	-0.894*	-0.858	0.954*		0.938
	X <sub>2</sub>		0.829	-0.464	-0.44	0.925*		0.075
	X <sub>3</sub>			-0.874	-0.838	0.965**	1.415	
	X <sub>4</sub>				0.970**	-0.72	0.356	
	X <sub>5</sub>					-0.674	0.166	
	Pe <sup>2</sup>						0.003	0
2006	X <sub>1</sub>	0.598	0.992**	-0.794	-0.903*	0.903*		0.897
	X <sub>2</sub>		0.695	-0.017	-0.204	0.858		0.159
	X <sub>3</sub>			-0.716	-0.842	0.946*	1.212	
	X <sub>4</sub>				0.947*	-0.459	0.559	
	X <sub>5</sub>					-0.65	-0.159	
	Pe <sup>2</sup>						0	0.007

Y—实际产量 Yield; X<sub>1</sub>—有效穗数 Effective panicles; X<sub>2</sub>—穗总数 Total panicles; X<sub>3</sub>—总颖花数 Total glumous flowers; X<sub>4</sub>—结实率 Filled grain rate; X<sub>5</sub>—千粒重 1000-grain weight; Pe<sup>2</sup>—剩余通径 Surplus path. R<sub>0.05</sub> = 0.878; R<sub>0.01</sub> = 0.959.

产量的影响均不显著。进一步分析两个总颖花数构成因素的相对作用, 有效穗数与总颖花数呈极显著正相关( $r_{2005} = 0.999^{**}$ ,  $r_{2006} = 0.992^{**}$ ), 而每穗颖花数与总颖花数的相关性不显著( $r_{2005} = 0.829$ ,  $r_{2006} = 0.695$ ,  $P > 0.05$ ); 同时, 两年结果中穗数与每穗颖花数对总颖花数的直接通径系数均表现为  $P X_1 - Y > P X_2 - Y$ , 表明施氮量通过增加穗数来提高总颖花数的作用强于增加每穗颖花数的作用。

## 2.2 施氮量对机插杂交稻稻米品质的影响

2.2.1 外观品质 由表 3 可知, 施氮量主要影响机插杂交稻外观品质中的垩白度和垩白率, 变异系数分别达 26.88 和 20.48, 而对稻米的厚度影响最小, 变异系数仅为 0.46。随施氮量增加, 徐优 403 的外观品质中的垩白度、垩白率、宽度呈增加趋势, 稻米长度和长宽比呈下降趋势; 稻米的表面积和横面积呈先减小后增加趋势; 而稻米的厚度随施氮量变化无显著影响。表明未施肥处理稻米的外观品质较

好,随施氮量增加,垩白率增加,外观品质下降;在施氮量  $N 0 \sim 225 \text{ kg/hm}^2$  条件下,适量增施氮肥能使稻米表面积和横面积减小,形态趋于合理,垩白面积有所减小,但施氮量超过  $N 225 \text{ kg/hm}^2$  时,稻米表面积和横面积增大,垩白面积增加。

2.2.2 加工品质、蒸煮品质及营养品质 随施氮量的增加,机插杂交稻的加工品质中各项指标(糙米

率、精米率和整精米率)均呈先增加后减小趋势,在施氮量为  $N 0 \sim 225 \text{ kg/hm}^2$  范围内,适量增施氮肥能提高机插杂交粳稻的加工品质,但超过  $N 225 \text{ kg/hm}^2$  则加工品质变劣。营养品质指标中精米蛋白质含量表现为随施氮量增加而增加;稻米的蒸煮品质中的直链淀粉含量呈随施氮量增加而减小的趋势,胶稠度呈变短趋势(表 4)。

表 3 施氮量对机插杂交稻外观品质的影响(2006yr)

Table 3 Effects of nitrogen application rate on appearance quality of mechanical-transplanted hybrid rice

处理 Treatment	垩白率 Chalkiness rate (%)	垩白度 Chalkiness degree (%)	长 Length (mm)	宽 Wideness (mm)	厚 Thickness (mm)	表面积 Surface area (mm <sup>2</sup> )	横面积 Section area (mm <sup>2</sup> )	长宽比 L/W
N1	22.6 e	3.80 e	4.86 a	2.66 d	1.94 b	10.43 a	7.77 a	1.83 a
N2	28.9 d	4.19 d	4.66 b	2.70 c	1.96 a	10.14 b	7.63 b	1.73 b
N3	34.7 c	4.27 c	4.58 c	2.74 a	1.96 a	9.94 e	7.43 e	1.67 c
N4	36.9 b	5.61 b	4.56 d	2.73 b	1.96 a	9.98 d	7.44 d	1.67 c
N5	38.9 a	7.04 a	4.54 e	2.74 a	1.96 a	10.06 c	7.45 c	1.65 d
CV(%)	20.48	26.88	2.83	1.27	0.46	1.93	2.00	4.30

表 4 施氮量对机插杂交稻加工品质、蒸煮品质及营养品质的影响(2006yr)

Table 4 Effects of nitrogen application rate on milling, cooking & nutritional quality of mechanical-transplanted hybrid rice

处理 Treatment	糙米率 Brown rice (%)	精米率 Milled rice (%)	整精米率 Head milled rice (%)	蛋白质 Protein content (%)	直链淀粉 Amylase content (%)	胶稠度 Gel consistency (mm)
N1	85.5 c	73.1 c	64.4 bc	9.5 c	16.2 a	67.3 a
N2	86.8 b	75.7 b	65.1 b	10.2 b	15.9 b	65.8 b
N3	88.4 a	78.0 a	67.3 a	10.3 ab	15.9 b	63.2 d
N4	85.3 d	72.1 d	64.1 c	10.3 a	15.7 c	61.0 c
N5	85.2 e	71.9 e	63.0 d	10.3 a	14.7 d	58.3 e
CV(%)	1.6	3.5	2.5	3.4	3.6	5.7

2.2.3 淀粉 RVA 谱特征值 图 1 表明,随施氮量的增加,机插杂交稻徐优 403 米粉 RVA 谱整个曲线大致呈下降趋势。N5 的曲线较其他曲线有较大差异,可能是其后期遭倒伏,灌浆不足等原因造成,也有可能为实验误差影响所致。为了方便说明规律,减少误差影响,仅对曲线变化趋势相近的 N1~N4 处理进行分析。表 5 可见, N1~N4 处理中随施氮量的增加, RVA 谱特征值中的峰值黏度、热浆黏度和最终黏度等大致呈下降趋势,消减值大致呈上升趋势;峰值黏度时间变短,起始糊化温度则作微小的先减后增的变化,但差异不显著,而崩解值则无显著变化规律。可见稻米淀粉的 RVA 谱特征值受施氮量的影响并不一致,但总体上主要为负向影响,即随着施氮量的增加,稻米的黏性有变劣的趋势。

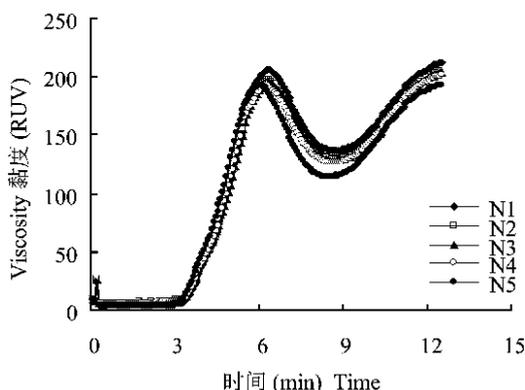


图 1 不同施氮量下机插杂交稻的 RVA 谱(2006yr)

Fig.1 RVA profiles of mechanical-transplanted hybrid rice under the different nitrogen application rates

再从 N1 ~ N4 处理的各特征谱值的变异程度看,消减值变异程度最大,达 10.72,其次为热浆黏度、峰值黏度、崩解值、最终黏度和起始糊化温度,峰值黏度时间变异程度最小,仅 0.48。说明机插杂交

稻徐优 403 米粉 RVA 谱特征值对施氮量的反应程度不一,消减值受施氮量影响程度最大,而峰值黏度时间和起始糊化温度受影响甚微。

表 5 施氮量对机插杂交稻 RVA 特征谱的影响(2006yr)

Table 5 Effects of nitrogen application rate on RVA profiles of mechanical-transplanted hybrid rice

处理 Treatment	峰值黏度 Peak (cp)	热浆黏度 Trough (cp)	崩解值 Breakdown (cp)	最终黏度 Final visc (cp)	消减值 Setback (cp)	峰值黏度时间 Peak time (min)	起始糊化温度 Pasting temp. (°C)
N1	2469 a	1649 a	820 b	2554 a	85 b	6.3	78.4 a
N2	2366 ab	1595 ab	771 b	2471 a	105 a	6.3	77.4 a
N3	2337 ab	1536 b	801 b	2442 ab	105 a	6.3	77.5 a
N4	2311 b	1512 b	799 b	2420 ab	109 a	6.3	78.3 a
N5	2314 b	1367 c	947 a	2322 b	8 c	6.1	76.7 a
CV (%)	2.9	3.9	2.5	2.4	10.7	0.5	0.6

### 3 讨论与小结

#### 3.1 施氮量对机插杂交粳稻产量和品质的影响

目前机插秧技术发达的地区诸如日本、韩国对常规稻机插的应用研究较多,而对在我国水稻生产中占据着重要地位的杂交稻的机插则很少研究。如何将杂交稻技术和当前机插秧技术相结合,创新出适合我国杂交稻应用的机插秧技术,充分发挥杂交稻的杂种优势,是发展我国水稻机插秧技术的关键及难点所在。

水稻产量和品质的形成是品种遗传特性和栽培条件共同作用的结果。不同类型的品种在不同的栽培条件下会表现出不同的特性,最终形成不同的产量品质。因此,必须做到“良种良法”,不能一概而论。

施氮是调节水稻生长的一条主要途径,合理的施氮量有利于品种的优良基因更好地表达,促进稻米产量和品质的提高。本研究结果表明,施氮量对机插杂交粳稻徐优 403 的产量和产量构成因素均有不同程度的影响,但主要影响的是穗数、结实率和每穗颖花数,千粒重受影响最小。适当施氮能显著促进机插杂交粳稻分蘖成穗和颖花分化,但过量施氮,会使水稻低效和无效分蘖增加,最终成穗数和每穗颖花数反而不及适量施氮处理,会使水稻中、后期徒长、贪青迟熟,易造成灌浆不足,导致千粒重和结实率下降,抗逆能力减弱,后期易倒伏,影响产量。施氮量对稻米各品质指标中垩白度、垩白率的影响最大,其次是胶稠度、长宽比和直链淀粉,对其他指标

影响相对较小。碾磨加工品质及外观品质中稻米的表面积、横面积与产量性状同步提高,而其他品质性状则表现为随施氮量的增加,品质下降。

RVA 谱曲线及其特征值是评价稻米食味时常用的一种客观指标,它反映了米粉浆在加热升温 and 冷却过程中淀粉黏滞性变化特征,与稻米的食味品质有密切关系<sup>[17-22]</sup>。一般优质稻米的最高黏度高,崩解值大、消减值小<sup>[20]</sup>。从本研究结果来看,随施氮量的增加,机插杂交粳稻徐优 403 稻米的淀粉 RVA 谱特征值中的峰值黏度、热浆黏度和最终黏度等呈下降趋势,消减值呈上升趋势,峰值黏度时间变短,起始糊化温度则作微小的先减后增的变化,但差异不显著,而崩解值则无显著变化规律。这与孙艳丽<sup>[21]</sup>、叶全宝等<sup>[22]</sup>的研究结果类似,并未出现金军等<sup>[20]</sup>认为在一定的施氮水平范围内,随施氮量增加最高粘滞度和崩解值增大,食味有所改善;进一步提高施氮量,峰值黏度、崩解值均会降低。这可能与试验品种基因型不同及试验条件不同(金军等人的试验在盆栽条件下进行)有关,具体原因有待进一步研究。同时,本研究看出,机插杂交稻徐优 403 稻米淀粉的 RVA 谱特征值受施氮量的影响并不一致,但总体上主要为负向影响,即随着施氮量的增加,稻米的黏性有变劣的趋势,这与孙艳丽<sup>[21]</sup>、叶全宝<sup>[22]</sup>、金正勋<sup>[5]</sup>等的研究结果类似。这可能与增加氮素营养而导致二硫键减少,从而导致二硫键网络结构贡献较少有关<sup>[24]</sup>,其内在生理机制有待进一步研究。

### 3.2 机插杂交稻合理施氮量的确定

凌启鸿等<sup>[25]</sup>研究认为,用斯坦福(Standford)方程达到目标产量的施氮量 = (达到目标产量的需氮量 - 土壤氮素供应量) / 施用肥料当季利用率。来精确定量施氮比较合理。根据本试验及近几年我们在里下河稻区示范结果看,江苏里下河稻区稻麦两熟制下中等以上田块基础地力产量为 4500 ~ 6000 kg/hm<sup>2</sup>。机插杂交粳稻徐优 403 要达到 9000 ~ 10500 kg/hm<sup>2</sup> 的目标产量的每百公斤稻谷的吸氮量为 N 1.9 ~ 2.1 kg, 平均 2 kg (少于常规稻的 2.2 kg, 这可能是机插杂交稻与机插常规稻所需施氮量差异的根本所在); 在基肥、穗肥比例为 6:4 的氮肥运筹模式下, 氮肥的当季利用率为 40%。按斯坦福方程计算, 在基础地力产量为 6000 kg/hm<sup>2</sup>, 土壤供氮量 102 kg/hm<sup>2</sup> 的田块上实现 9510 kg/hm<sup>2</sup> 的目标产量, 其适宜施氮量应为 N 220.5 kg/hm<sup>2</sup>。本研究结果与之吻合度较好。可见把斯坦福方程作为机插杂交稻施氮依据, 具有很好的指导意义。但存在着方程三参数确定的问题, 目前主要还是依靠高产实践经验, 离精确定量仍有一定差距。但随着测土配方施肥及 4S 系统和水稻氮素吸收利用差异的内在机制等方面的研究深入, 施氮量的精确定量确定将会变得越来越容易。

### 参考文献:

- [1] 陆为农. 水稻育插秧技术推广概述[J]. 农机科技推广, 2008, (4): 8-10.  
Lu W N. General investigation of the extension of the technical of the rice seedlings nurturing and transplanting[J]. Agric. Mach. Tech., Ext., 2008 (4): 8-10.
- [2] 凌启鸿, 张洪程, 丁艳峰, 等. 水稻丰产高效技术及理论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005. 22-54.  
Ling Q H, Zhang H C, Ding Y F *et al.* Technology and theory on rice high-yielding and high-effective[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2005. 22-54.
- [3] 吴文革, 张四海, 赵建建, 等. 氮肥运筹对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及其产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 757-764.  
Wu W G, Zhang S H, Zhao J J *et al.* Nitrogen uptake, utilization and rice yield in the north rimland of double-cropping rice region as affected by different nitrogen management strategies[J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2007, 13(5): 757-764.
- [4] 张洪程, 王秀芹, 戴其根, 等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(7): 800-806.  
Zhang H C, Wang X Q, Dai Q G *et al.* Effects of N-application rate on yield, quality and characters of nitrogen uptake of hybrid rice vari-
- ety Liangyou peijiu[J]. Sci. Agric. Sin., 2003, 36(7): 800-806.
- [5] 金正勋, 秋太权, 孙艳丽, 等. 氮肥对稻米垩白及蒸煮食味品质特性的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2001, 7(1): 31-35.  
Jin Z X, Qiu T Q, Sun Y L *et al.* Effects of nitrogen fertilizer on chalkness ratio and cooking and eating quality properties of rice grain. [J]. Plant Nutr. Fert. Sci., 2001, 7(1): 31-35.
- [6] Ohnishi M, Horie T, Homa K *et al.* Nitrogen management and cultivar effects on rice yield and nitrogen use efficiency in Northeast Thailand[J]. Field Crops Res., 1999, 64: 109-120.
- [7] Cassman K G, Peng S, Olk D C *et al.* Opportunities for increased nitrogen use efficiency from improved resource management in irrigated rice systems[J]. Field Crops Res., 1998, 56: 7-39.
- [8] Tirol-Padre A, Ladha J K, Singh U *et al.* Grain yield performance of rice genotypes at suboptimal levels of soil N as affected by N uptake and utilization efficiency[J]. Field Crops Res., 1996, 46: 127-143.
- [9] 彭长青, 李世峰, 卞新民, 等. 机插水稻高产栽培关键技术的适宜值[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9): 1619-1623.  
Peng C Q, Li S F, Bian X M *et al.* Appropriate parameters for high-yielding cultivation of machine-transplanted rice[J]. Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(9): 1619-1623.
- [10] 罗明, 庄义庆, 张选怀, 等. 施氮量与基本苗对机插超级稻产量及生物学特性的影响[J]. 陕西农业科学, 2007(5): 4-6, 13.  
Luo M, Zhuang Y Q, Zhang X H *et al.* Effect of nitrogen application rate and basic-seedlings on grain yield and biological characteristics of machine-transplanted super rice[J]. Shanxi J. Agric. Sci., 2007, (5): 4-6, 13.
- [11] 杨力, 李长亚, 姚成勇, 等. 氮肥用量与运筹比例对机插水稻产量影响效应研究[J]. 大麦与谷类科学, 2006(2): 23-26.  
Yang L, Li C Y, Yao C Y *et al.* Effect of nitrogen application rate and methods on grain yield of machine-transplanted rice[J]. Barley Cereal Sci., 2006, (2): 23-26.
- [12] 孙继洲, 夏永龙. 机插稻高效施氮技术初探[J]. 江苏农业科学, 2006(3): 30-33.  
Sun J Z, Xia Y L. Primary study of high-effective nitrogen application technology of machine-transplanted rice[J]. Jiangsu J. Agric. Sci., 2006, (3): 30-33.
- [13] 叶厚专, 周韧金, 董希慧, 等. 机插杂交稻大田栽培配套技术[J]. 江西农业学报, 2006, 18(3): 13-15.  
Ye H Z, Zhou R J, Dong X H *et al.* Complete technology of field cultivation of machine-transplanted hybrid rice[J]. Acta Agric. Jianxi, 2006, 18(3): 13-15.
- [14] Shreshtha R K, Ladha J K. Rice genotypic variation promotion of rice dinitrogen fixation as determined by <sup>15</sup>N dilution[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1996, 60: 1815-1821.
- [15] Wu P, Tao Q N. Genotype response and selection pressure on nitrogen use efficiency in rice under different nitrogen regions[J]. Plant Nutr., 1995, 18(3): 450-487.
- [16] GB 1350—1999, 主要粮食质量标准[S].  
GB 1350-1999, Main food quality standard[S].
- [17] Reddy K R, Subramanian R, Ali S Z *et al.* Viscoelastic properties of rice-flour pastes and their relationship to amylose content and rice

- quality [ J ]. *Cereal Chem.* , 1994 , 71( 6 ) : 548-552.
- [ 18 ] 汤圣祥. 我国杂交水稻蒸煮与食用品质的研究 [ J ]. *中国农业科学* , 1987 , 20( 5 ) : 17-22.  
Tang S X. A study on the cooking and eating qualities of Chinese hybrid rices [ J ]. *Sci. Agric. Sin.* , 1987 , 20( 5 ) : 17-22.
- [ 19 ] 张小明, 石春海, 富田桂, 等. 粳稻米淀粉特性与食味间的相关性分析 [ J ]. *中国水稻科学* , 2002 , 16( 2 ) : 157-161.  
Zhang X M , Shi C H , Fu T G *et al.* Correlation analysis between starch characteristics and taste quality in japonica rice [ J ]. *Chin. J. Rice Sci.* , 2002 , 16( 2 ) : 157-161.
- [ 20 ] 舒庆尧, 吴殿星, 夏英武, 等. 稻米淀粉 RVA 谱特征与食用品质的关系 [ J ]. *中国农业科学* , 1998 , 31( 3 ) : 25-29.  
Shu Q R , Wu D X , Xia Y W *et al.* Relationship between RVA profile character and eating quality in *Oryza sativa* L. [ J ]. *Sci. Agric. Sin.* , 1998 , 31( 3 ) : 25-29.
- [ 21 ] 孙艳丽, 沈鹏, 金正勋, 等. 氮素营养对稻米理化特性及淀粉谱特性的影响 [ J ]. *东北农业大学学报* , 2002 , 33( 2 ) : 134-138.  
Sun Y L , Shen P , Jin Z X *et al.* Effects of nitrogenous nutrition on the physicochemical properties and amylogram properties of rice grain [ J ]. *J. Northeast Agric. Univ.* , 2002 , 33( 2 ) : 134-138.
- [ 22 ] 叶全宝, 张洪程, 李华, 等. 施氮水平和栽插密度对粳稻淀粉 RVA 谱特性的影响 [ J ]. *作物学报* , 2005 , 31( 1 ) : 124-130.  
Ye Q B , Zhang H C , Li H *et al.* Effects of amount of nitrogen applied and planting density on RVA profile characteristic of Japonica rice [ J ]. *Acta Agron. Sin.* , 2005 , 31( 1 ) : 124-130.
- [ 23 ] 金军, 徐大勇, 蔡一霞, 等. 施氮量对水稻主要米质性状及 RVA 谱特征参数的影响 [ J ]. *作物学报* , 2004 , 30( 2 ) : 156-158.  
Jin J , Xu D Y , Cai Y X *et al.* Effect of N-fertilizer on main quality characters of rice and RVA profile parameters [ J ]. *Acta Agron. Sin.* , 2004 , 30( 2 ) : 156-158.
- [ 24 ] Martin M , Fitzgerald M A. Proteins in rice grains influence cooking properties [ J ]. *J. Cereal Sci.* , 2002 , 36 : 285-294.
- [ 25 ] 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 ) : 245-246.  
Ling Q H , Zhang H C , Dai Q G *et al.* Study on precise and quantitative N application in rice [ J ]. *Sci. Agric. Sin.* , 2005 , 38( 12 ) : 245-246.