

DOI:10.3724/SP.J.1238.2010.00489

## 氮肥施用模式对中籼超级稻产量及辐射利用率的影响

李迪秦<sup>1</sup>, 唐启源<sup>1\*</sup>, 翟玉光<sup>2</sup>, 秦建权<sup>1</sup>, 张运波<sup>1</sup>, 杨胜海<sup>1</sup>, 陈立军<sup>1</sup>

(1.湖南农业大学 农学院, 湖南 长沙 410128; 2.武冈市农业局, 湖南 武冈 420002)

**摘 要:** 以中籼超级稻两优 293 为材料, 研究了 3 种氮肥施用模式(实地养分管理模式: 施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>; 实时养分管理模式: 施氮量 120 和 210 kg/hm<sup>2</sup>; 农民模式: 施氮量 210 kg/hm<sup>2</sup>)下, 水稻群体产量、辐射利用率及纹枯病病情指数的差异。结果表明, 相同施氮量水平下, 采用实地养分管理模式对中籼超级稻产量的提高效果好于实时模式, 提高了辐射利用率, 在施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>水平下, 产量增加主要是因为群体的有效穗数、中后期群体叶面积指数、干物质积累总量的显著增加及辐射利用率的提高和群体纹枯病发病率的降低, 产量、有效穗、干物质总量和辐射利用率与实时养分管理模式相比, 分别提高 1.61%、10.3%、13.3% 和 12.0%, 纹枯病病情指数下降 17.2%。

**关 键 词:** 中籼超级稻; 施氮模式; 产量结构; 辐射利用率; 纹枯病

中图分类号: S511.062 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2010)05-0489-06

## Effect of different nitrogen management patterns on grain yield and radiation use efficiency of middle-season indica super hybrid rice

LI Di-qin<sup>1</sup>, TANG Qi-yuan<sup>1\*</sup>, ZHAI Yu-guang<sup>2</sup>, QIN Jian-quan<sup>1</sup>, ZHANG Yun-bo<sup>1</sup>, YANG Sheng-hai<sup>1</sup>, CHEN Li-jun<sup>1</sup>

(1.College of Agronomy, HNAU, Changsha 410128,China; 2.Bureau of Agriculture, Wugang, Hunan 420002, China)

**Abstract:** The middle-season indica super-hybrid recombination Liangyou293 was used to study the performance of grain yield and radiation use efficiency(RUE) under three treatments of nitrogen management patterns. Site-specific nutrient management applied nitrogen 120 kg/hm<sup>2</sup>; Real-time nutrient management applied nitrogen 120 and 210 kg/hm<sup>2</sup>, and farm fertilizer practice applied nitrogen 210 kg/hm<sup>2</sup>. The result showed that, with the same amount of nitrogen fertilizer, the performance of grain yield increased and RUE improved. The site-specific nutrient management pattern was better than any other other patterns. The total number of effective panicles, leaf area index in the middle and late growth stage, and the accumulation of total dry matter significantly increased and the disease index of sheath blight also decreased, which suggested that these might be the main causes for the increase of grain yield and RUE under site-specific nutrient management pattern. Compared with real-time nutrient management, the grain yield, total number of effective panicles, dry matter and radiation use efficiency of site-specific nutrient management increased by 1.61%, 10.3%, 13.3% and 12.0% respectively, and that of *ShBI* decreased by 17.2% with the same applied nitrogen 120 kg/hm<sup>2</sup>.

**Key words:** super yield rice; nitrogen management patterns; yield components; radiation use efficiency; sheath blight

水稻对氮的反应除受品种本身特性、土壤和环境条件影响外<sup>[1-5]</sup>, 不同的氮肥施用模式也会影响水

稻群体生长发育进程及产量, 氮对改善水稻群体质量, 提高群体光能利用率有着显著影响<sup>[6-9]</sup>。研究表

收稿日期: 2010-01-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(30671219); 长沙市科技局项目(K0803115-21)

作者简介: 李迪秦(1963—), 男, 湖南武冈人, 博士, 副教授, 从事作物栽培生理研究, ldqhnd2009@163.com.cn; \*通讯作者, cntq@yahoo.com.cn

明,水稻施氮量越大,其群体光能截获率相对要高,而光能截获率较高的品种其产量也较高;不同氮肥施用模式对水稻群体产量的影响有差异<sup>[8-19]</sup>。氮对水稻群体纹枯病发生有着重要影响,施氮量越高、群体越大、群体通透性越差,越易发生纹枯病,最终导致减产,甚至绝收<sup>[16-24]</sup>。笔者采用3种施氮管理模式,探讨中籼超级稻适宜的氮肥施用模式,以期发挥中籼超级稻超高产潜力提供栽培技术保障。

## 1 材料与方法

### 1.1 供试品种

选用中籼超级稻两优293(P88S×0389)(以下简称品种),由湖南省杂交水稻工程研究中心提供。

### 1.2 试验设计

2007年,试验在湖南浏阳永安镇进行。试验地前茬作物为油菜,土壤为红壤粘土,土壤 pH5.5,

碱解氮 127 mg/kg,有机质 31.1 g/kg,速效钾 102 mg/kg,有效磷 19.2 mg/kg。

采用随机区组设计,3次重复,设对照、处理1~处理4共5个处理。对照:全生育期不施氮肥;处理1:采用实地养分管理模式(site-specific nutrient management,施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>);处理2:采用实时养分管理模式(real-time nutrient management,施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>);处理3:采用实时养分管理模式(real-time nutrient management,施氮量 210 kg/hm<sup>2</sup>);处理4:采用农民施肥法(farm fertilizer practice,施氮量 210 kg/hm<sup>2</sup>)。氮素具体施用量与施用时间见表1。处理1施肥量与施用时间根据群体SPAD阈值<sup>[24]</sup>来确定,见表2。

试验于5月22日播种,水育秧,秧龄20d,二本移栽,密度23.3 cm×23.3 cm,小区面积30 m<sup>2</sup>。试验田病虫害防治和水管理参照当地高产栽培管理进行。

表1 不同处理的施氮时间与施用量

Table 1 Nitrogen applied date and amount of different treatments

处理	施氮时间(移栽后天数)与施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )									
	0	14 d	21 d	28 d	35 d	42 d	49 d	56 d	63 d	70 d
对照	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	50	0	30	0	0	40	0	0	0	0
2	50	0	0	0	35	0	35	0	0	0
3	50	40	0	40	0	40	40	0	0	0
4	140	0	70	0	0	0	0	0	0	0

表2 处理1施氮量与施用时间

Table 2 Nitrogen applied time and amount of treatment 1

处理	移栽前施氮量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	分蘖中期**		幼穗分化始期		抽穗期		施氮总量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
		SPAD	施氮量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	SPAD	施氮量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	SPAD	施氮量/(kg·hm <sup>-2</sup> )	
1	50	>38	20	>38	30	>38	0	120
		36~38	30	36~38	40			
		<36	40	<36	50	≤38	20	

\*\*表示移栽后20d。分蘖中期、幼穗分化始期、抽穗期的施氮量分别为20、30、20 kg/hm<sup>2</sup>。

### 1.3 测定内容与方法

(1) 群体干物质积累量测定。在分蘖中期(移栽后20d)、幼穗分化期、孕穗期、齐穗期、齐穗期后15d、成熟期6个时期取样,每小区取9蔸(0.49 m<sup>2</sup>),

测定绿叶叶面积和植株干物重,其中绿叶叶面积采用Licor-3100结合比叶重测定,计算叶面积指数(LAI);干物质重按叶片、茎鞘、穗分别测定。

(2) 群体光能截获量测定。在群体干物质积累量测定的同时,采用Sunscan冠层分析系统测定小区

群体的透光率和群体太阳光截获率，以各个生长发育时段群体的干物质质量和冠层拦截光合有效辐射累积量构建直线关系，计算斜率，即为各个处理的辐射利用率(RUE, g/(MJ·m<sup>-2</sup>))。

(3) 纹枯病发病情况调查。于齐穗后 14 d，参照文献[23]方法进行。

(4) 测产。成熟期每小区中心 5 m<sup>2</sup>作为测产小区，于测产小区对角线取 10 苑用于考查穗数、每穗粒数、结实率和千粒重。

### 1.4 数据统计与分析

采用 Statistix 8.0 进行数据处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 氮肥施用模式对产量及产量构成因子的影响

从表 3 可知，所有氮肥施用模式的产量均显著高于对照；相同施氮量，不同氮肥施用模式间产量无显著差异，在 120 kg/hm<sup>2</sup>低氮水平下，处理 1 产量比处理 2 高 1.61%，在 210 kg/hm<sup>2</sup>高氮水平下，处理 3 产量比处理 4 高 5.14%。

从产量构成因子看，所有施氮处理有效穗数显

著高于对照，处理 1 显著高于处理 2，处理 3 高于处理 4；每穗粒数，只有处理 2 显著高于对照，其余处理与对照间无显著差异，处理 1 低于处理 2，处理 3 显著高于处理 4；颖花量，所有处理与对照均有显著差异，处理 1 高于处理 2，处理 3 显著高于处理 4；结实率，所有处理间无显著差异，处理 2 最大，处理 1 最低，处理 1 低于处理 2，处理 3 低于处理 4；千粒重，所有处理与对照有显著差异，处理 1 低于处理 2，处理 3 显著低于处理 4。

相同的施氮量，采用实地养分管理模式与实时养分管理模式相比，尽管前者有效穗数显著高于后者，但由于后者每穗粒数高于前者 3.2%，导致二者间颖花量无显著差异，体现在产量上没有显著差异。表明采用实地养分管理模式可显著提高群体有效穗数，增加产量，但增产效果不显著。实时养分管理模式与农民法相比较，在相同的氮肥施用水平下，前者可以显著提高群体每穗粒数和颖花量，增加产量，但增产效果不显著，表明氮肥施用模式对产量的影响效果不显著。

表 3 不同氮肥施用模式对群体产量及产量构成因子的影响  
Table 3 Effect of different nitrogen applied patterns on grain yield and yield components

处理	有效穗数/(穗·m <sup>-2</sup> )	每穗粒数	颖花量/(朵·m <sup>-2</sup> )	结实率/%	千粒重/g	实际产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
对照	173.9c	181.1bc	31 370.0c	74.5	22.3c	6 598.4c
1	234.1a	192.4ab	45 041.0ab	73.9	23.4b	8 830.0b
2	210.0b	198.7a	41 765.0b	75.0	23.5b	8 687.9b
3	251.9a	188.7ab	47 506.0a	74.4	23.3b	9 448.0a
4	241.8a	170.9c	41 284.0b	74.7	24.1a	8 962.7ab

### 2.2 氮肥施用模式对干物质积累量的影响

所有施氮处理与对照间干物质积累总量都有显著差异。处理 1(1 655.9 g/m<sup>2</sup>)显著高于处理 2(1 435.6 g/m<sup>2</sup>)，处理 3(1 735.9 g/m<sup>2</sup>)显著高于处理 4(1 628.1 g/m<sup>2</sup>)；群体干物质积累量，从幼穗分化期到各个生长时期，表现出处理 1 高于处理 2，从分蘖中期到幼穗分化期，表现为处理 3 低于处理 4，但在幼穗分化期后，处理 3 略高于处理 4(见图 1)。由此说明，相同施氮量处理，实地养分管理模式比实时养分管理模式、实时养分管理模式比农民法，更有利于干

物质总量的增加。

### 2.3 氮肥施用模式对群体叶面积指数的影响

各施氮处理与对照间群体各生长时期叶面积指数均有显著差异，对照叶面积指数最低。处理 1 从幼穗分化期开始，叶面积指数显著高于处理 2，处理 3 平均叶面积指数为 3.89，显著高于处理 2；处理 3 在孕穗期前叶面积指数显著低于处理 4，但在从孕穗期开始，处理 3 各个生育时期的叶面积指数均显著高于处理 4，处理 3 平均叶面积指数为 4.91，显著高于处理 4(见图 2)。从上可知，相同施

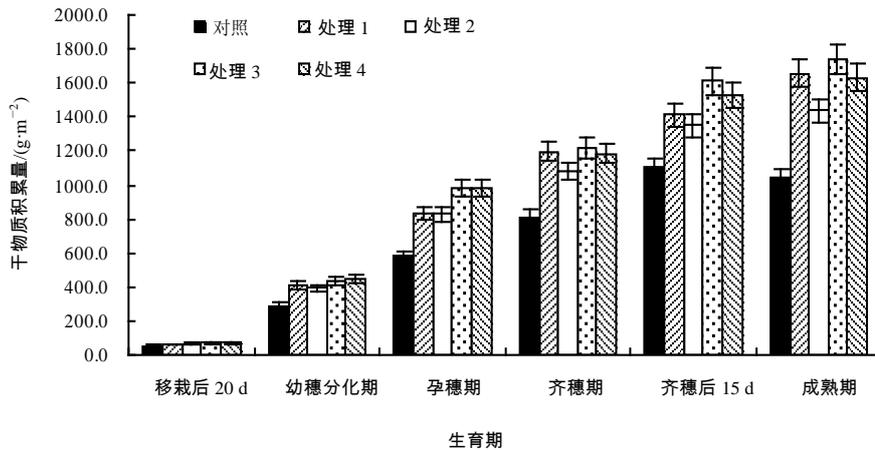


图 1 不同氮肥施用模式的群体干物质积累量

Fig.1 Effect of nitrogen applied patterns on dry matter

氮量，实地养分管理模式比实时养分管理模式、实时养分管理模式比农民法更能显著提高群体的叶面积指数。这种叶面积指数的变化规律，进一步表

明在相同氮肥施用水平下，实地养分管理模式比实时养分管理模式、实时养分管理模式比农民法，更有利于干物质总量的增加和产量的提高。

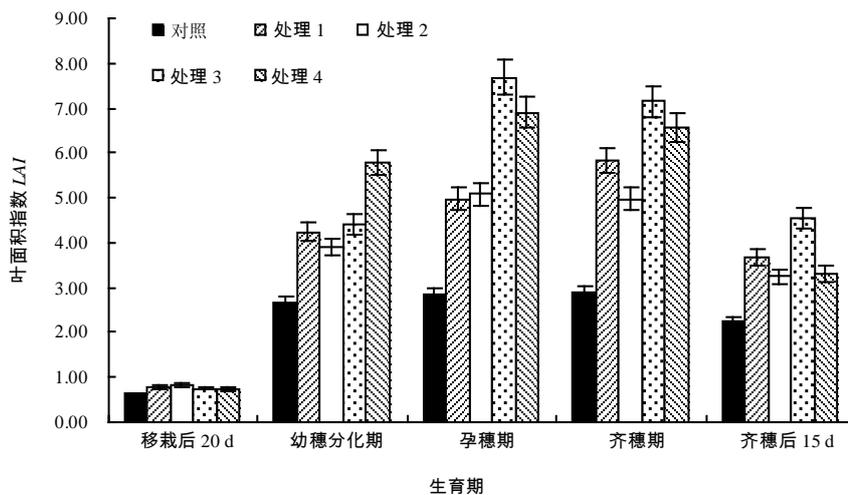


图 2 不同氮肥施用模式的群体叶面积指数

Fig.2 Effect of nitrogen applied patterns on leaf area index

### 2.4 氮肥施用模式对群体辐射利用率的影响

所有施氮处理的超级杂交稻群体辐射利用率均比对照高，处理 1(RUE 为 1.42)比处理 2(RUE 为 1.25)高 12.0%，处理 3(RUE 为 1.49)比处理 4(RUE 为 1.40)高 6.0%，表明相同施氮量处理，实地养分管理模式比实时养分管理模式、实时养分管理模式比农民法更有利于辐射利用率的提高。辐射利用率的提高，表明群体光合作用合成的有机物转化效率

提高，有利于群体干物质的积累。

### 2.5 氮肥施用模式对纹枯病发生的影响

在不使用杀菌剂的条件下，齐穗后 14 d 的纹枯病病情指数调查结果(图 3)表明，所有施氮处理均高于对照，但是相互间无显著差异。由此表明，采用实地养分管理模式比实时养分管理模式更有利于降低纹枯病的发生与危害，最终有利于减少产量的损失。

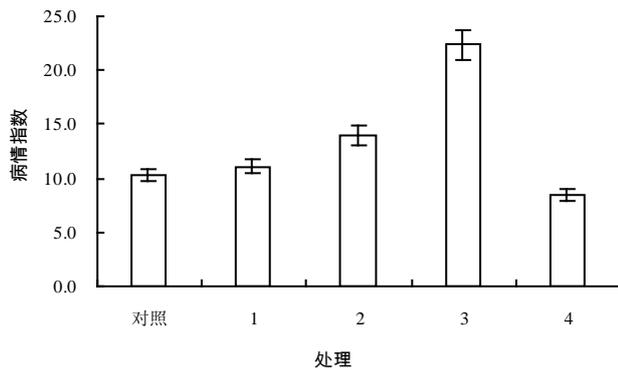


图3 不同氮肥施用模式的纹枯病病情指数

Fig. 3 Effect of different nitrogen applied patterns on *ShBI*

### 3 讨论

随着实地养分管理模式与实时养分管理模式的引进与推广,不同的氮肥施用模式对水稻生长发育影响已有一些研究报道。以往的研究表明,相同施氮水平下,采用不同氮肥施用模式,群体的光能截获率、干物重、叶面积指数和产量等表现不同,实地养分管理模式和实时养分管理模式比农民法更有利于群体的叶面积指数的提高和干物重积累以及产量的增加,但实时养分管理模式随预设的SPAD施肥阈值的增大,产量和单位面积穗数增加、穗粒数和千粒重下降,只有适宜的预设SPAD施肥阈值,才有可能提高穗粒数和千粒重,获得最理想的产量,实时养分管理模式对穗数影响比实地养分管理模式要小<sup>[4, 6, 8-9, 12-13, 15, 21-22]</sup>,不同施氮量水平对水稻纹枯病发生有影响<sup>[17-20, 23]</sup>。

本试验结果表明,在120 kg/hm<sup>2</sup>的低氮水平下,采用实地养分管理模式,群体产量比实时养分管理模式高1.61%;在210 kg/hm<sup>2</sup>的高氮水平下,采用实时养分管理模式,群体产量比农民法高5.14%,但相互间均没有显著差异。产量增加的主要原因,从产量构成因子看,采用实地养分管理模式,群体的有效穗显著高于实时养分管理模式,总颖花量也高于实时养分管理模式,而实时养分管理模式群体每穗粒数和总颖花量均显著高于农民法;从干物质积累总量看,实地养分管理模式显著高于实时养分管理模式,实时养分管理模式显著高于农民法,而

它们相互间收获指数无显著差异。产生这种干物质积累总量差异的主要原因是中后期群体叶面积指数,实地养分管理模式显著高于实时养分管理模式,实时养分管理模式显著高于农民法,这种较大的叶面积指数对提高群体干物质积累量有着重要作用;同时群体的辐射利用率,采用实地养分管理模式高于实时养分管理模式,实时养分管理模式高于农民法。实地养分管理模式和实时养分管理模式这种较大的群体叶面积指数,有利于其干物质总量的提高,加上其群体辐射利用率也大,最终使得在相同施氮水平下产量更高,这与近几年国内外报道的研究结果基本一致。此外,采用实地养分管理模式比实时养分管理模式更有利于降低纹枯病的发生与危害,较低的纹枯病发生率,同样也有利于其产量的提高。

综合以上研究结果得知,相同氮肥施用水平下,实地养分管理模式更有利于提高中粳超级稻产量和群体的辐射利用率,降低纹枯病的危害。

#### 参考文献:

- [1] 杨建昌,朱庆森,曹显祖.水稻群体冠层结构与光合特性对产量形成作用的研究[J].中国农业科学,1992,25(4):7-14.
- [2] 杨建昌,陈忠辉,杜永.水稻超高产群体特征及其栽培技术[J].中国农业科技导报,2004,6(4):37-41.
- [3] 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.
- [4] Ohnishi M, Horie T, Homma K, et al. Nitrogen management and cultivar effects on rice yield and nitrogen use efficiency in Northeast Thailand[J]. Field Crops Research, 1999, 64: 109-120.
- [5] 张洪程,王秀芹,戴其根,等.施氮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.
- [6] 刘立军,徐伟,吴长付,等.实地氮肥管理下的水稻生长发育和养分吸收特性[J].中国水稻科学,2007,21(2):167-173.
- [7] 陈惠哲,朱德峰,林贤青,等.促花肥施氮对超级杂交稻冠层叶片生长及光合速率的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(5):617-621.
- [8] 彭显龙,刘元英,罗盛国,等.实地氮肥管理对寒地

- 水稻干物质积累和产量的影响[J]. 中国农业科学, 2006, 39(11): 2286-2293.
- [9] Dobermann A, Cassman K G, Peng S, et al. Precision nutrient management in intensive irrigated rice systems [C]//Khon Kaen. Proc of the International Symposium on Maximizing Sustainable Rice Yields Through Improved Soil and Environmental Management. Bangkok: Department of Agriculture, Soil and Fertilizer Society of Thailand, 1996: 133-154.
- [10] Peng S B, Garcia F V, Laza R C, et al. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high yielding irrigated rice[J]. Field Crops Res, 1996, 47: 243-252.
- [11] Hussain F, Bronson K F, Singh Y, et al. Use of chlorophyll meter sufficiency indices for nitrogen management of irrigated rice in Asia[J]. Agron J, 2000, 92: 875-879.
- [12] Sinclair T R, Muchow R C. Radiation use efficiency [J]. Advances in Agronomy, 1999, 65: 215-266.
- [13] Mitchell L P, Sheehy J E, Woodward F I. Potential yields and the efficiency of radiation use in rice [J] IRRRI Discussion Paper Series, 1998, 32: 1-62.
- [14] 陈雨海, 余松烈, 于振文. 小麦生长后期群体光截获量及其分布与产量的关系[J]. 作物学报, 2003, 29(5): 730-734.
- [15] 贺帆, 黄见良, 崔克辉, 等. 实时实地氮肥管理对水稻产量和稻米品质的影响[J]. 中国农业科学, 2007, 40(1): 123-132.
- [16] 向珣朝, 王世全, 何立斌, 等. 一个高抗水稻纹枯病突变体的发现及其遗传特性的初步分析[J]. 作物学报, 2005, 31(9): 1236-1238.
- [17] 钟旭华, 彭少兵, Roland J Buresh, 等. 影响杂交水稻纹枯病发生的若干植株群体指标[J]. 中国水稻科学, 2006, 20(5): 535-542.
- [18] Savary S, Castilla N P, Willocquet L. Analysis of the spatiotemporal structure of rice sheath blight epidemics in a farmer's field[J]. Plant Pathology, 2000, 50: 53-68.
- [19] Basu A, Gupta P K S. Effect of nitrogen fertilizer on sheath blight of rice[J]. India Phytopath, 1996, 49(1): 87-88.
- [20] Roy A K. Effect of slow release nitrogenous fertilizer on the incidence of sheath blight and yield of rice [J]. Oryza, 1986, 23: 198-199.
- [21] Dobermann A, Witt C, Dawe D, et al. Site-specific nutrient management for intensive rice cropping system in Asia[J]. Field Crops Res, 2002, 74: 37-66.
- [22] Dobermann A, Witt C. The evolution of site-specific nutrient management in irrigated rice system of Asia[C]// Dobermann A, Witt C. Increasing Productivity of Intensive Rice Systems Through Site-specific Nutrient Management[J]. Manila: International Rice Research Institute, 2004: 75-100.
- [23] 唐启源. 水稻冠层的生态生理特性及其影响因素研究[D]. 长沙: 湖南农业大学农学院, 2005: 41-42.
- [24] Peng S B, Laza R C, Garcia F V, et al. Chlorophyll meter estimates leaf area-based nitrogen concentration of rice[J]. Communication in Soil Science and Plant Analysis, 1995, 26(5/6): 927-935.

责任编辑: 罗慧敏

英文编辑: 胡东平