

施氮量与栽插密度 对超级晚稻“天优华占”产量的影响

林洪鑫^{1,2}, 潘晓华^{1*}, 石庆华¹

(1. 江西农业大学 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 南昌 330045; 2. 江西省农业科学院 土壤肥料与资源环境研究所, 江西 南昌 330200)

摘要:以超级晚稻“天优华占”为材料,采用裂区设计,研究栽插密度与施氮量对其产量的影响。结果表明:施氮量对产量及4个产量因素的影响达极显著水平。栽插密度对产量、有效穗数和每穗粒数的影响达显著水平。施氮量与栽插密度互作对有效穗数和每穗粒数的影响达极显著或显著水平。在0~210 kg/hm²施氮内,产量、有效穗数、总吸氮量、生物量、最高茎蘖数、分蘖穗率和生产100 kg籽粒需N量随施氮量的增加而增加,而成穗率随之下降。在18×10⁴~30×10⁴ 蔸/hm²栽插密度内,有效穗数、总吸氮量、生物量、最高茎蘖数和生产100 kg籽粒需N量随栽插密度的增加而增加,成穗率和分蘖穗率随之下降。分蘖穗率及生产100 kg籽粒需N量与产量呈极显著线性相关,成熟期总吸氮量和生物量与产量呈抛物线关系。试验表明,施氮210 kg/hm²与密度24×10⁴~30×10⁴ 蔸/hm²有利于实现“天优华占”的高产。

关键词:超级晚稻;天优华占;施氮量;栽插密度;产量

中图分类号: S511.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-2286(2010)03-0425-06

Effects of Nitrogen Application Amount and Planting Density on Yield of Super Late Rice Tianyouhuazhan

L N Hong-xin^{1,2}, PAN Xiao-hua^{1*}, SHI Qing-hua¹

(1. Jiangxi Agricultural University/ Key Laboratory of Crop Physiology, Ecology and Genetic Breeding, Ministry of Education/Key Laboratory of Physiology, Ecology and Cultivation of Double Cropping Rice, Ministry of Agriculture, Nanchang 330045, China; 2. Jiangxi Academy of Agricultural Sciences /Soil and Fertilizer & Resources and Environment Institute, Nanchang 330200, China)

Abstract: Using split-plot design, the effects of the nitrogen application amount and planting density on the yield were studied with double-cropping super late rice Tianyouhuazhan. The results showed that the grain yield and its 4 components were influenced significantly ($P < 0.01$) by nitrogen application, and the grain yield, effective panicle and spikelets per panicle were influenced significantly ($P < 0.05$) by planting density. The interaction of nitrogen application amount and planting density had very significant influence on effective panicle ($P < 0.01$) and spikelets per panicle ($P < 0.05$). The grain yield, biomass, total N uptake, nitrogen requirement for 100 kg grain production, max No. of tillers, tiller panicle rate and effective panicle were increased, with increased nitrogen application at the range of 0 to 210 kg/hm², but the effective panicle forming

收稿日期: 2009-12-31 修回日期: 2010-01-20

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

作者简介: 林洪鑫(1983-),男,硕士,主要从事作物栽培与肥料研究, E-mail: linhongxin01020013@yahoo.com.cn;

*通讯作者: 潘晓华, E-mail: xhuapan@163.com。

rate was decreased. The biomass, total N uptake, nitrogen requirement for 100 kg grain production, the max No. of tillers and effective panicles increased with the increase of planting density from 18×10^4 to 30×10^4 hill \cdot hm^2 , but the tiller panicle rate and effective panicle forming rate decreased. The tiller panicle rate, nitrogen requirement for 100 kg grain production were significantly linearly related to the yield, while a parabolic relationship was found between biomass, total N uptake and yield. The experiment showed it was favorable for increasing the yield of Tianyouhuazhan under the combination of $210 \text{ kg}/\text{hm}^2$ N and 24×10^4 hill/ hm^2 - 30×10^4 hill/ hm^2 .

Key words: super late rice; tianyouhuazhan; nitrogen application amount; planting density; yield

随着耕地面积减少,提高水稻总产量的唯一途径是提高单产。要实现水稻单产的提高,既需要良种,更需要良法,实现良种良法的配套^[1]。栽插密度和施氮量是调控和影响水稻群体发育及产量的两个最重要因素,合理的栽插密度和氮肥运筹可以协调群体与个体、足穗与大穗的矛盾,是水稻高产栽培最基本的策略^[2-3]。在过去的几十年中,人们就水稻高产中的密度及密植方式问题^[4-5]、氮肥施用问题^[6-8]进行了大量研究,建立了许多以密、肥为核心的水稻高产栽培技术模式,如“稀、少、平、促”栽培法^[9]、“小个体、壮群体”栽培法^[10]、水稻“强化栽培”技术体系^[11]。但前人的研究以常规水稻品种、一季稻和密度、氮肥单因素为多,而以双季超级早、晚稻品种为对象、将氮肥和密度结合起来的研究很少。为阐明超级晚稻品种适宜的密肥组合以及增密减肥、增肥减密可否实现同样的高产目标等科学问题,本研究以超级晚稻品种“天优华占”为对象,研究不同密度和氮肥组合的产量效应,旨在为制定超级晚稻超高产栽培策略提供依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2007 年和 2008 年在江西省进贤县温圳镇杨溪村的水稻超高产栽培示范区进行。超级晚稻供试品种为“天优华占”,种子由中国水稻所提供。试验田 pH 5.52;有机质 39.7 g/kg;全氮 1.985 g/kg;速效氮 124.2 mg/kg;速效磷 (P_2O_5) 36.24 mg/kg;速效钾 (K_2O) 90.12 mg/kg。采用湿润育秧,两年均于 6 月 23 日播种,7 月 24 日移栽,每蔸 2 粒谷苗。

1.2 试验设计

采用裂区设计,主区为施氮量(纯 N),设高氮处理 (N_3 : $210 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、中氮处理 (N_2 : $165 \text{ kg}/\text{hm}^2$)、低氮处理 (N_1 : $120 \text{ kg}/\text{hm}^2$)和无氮处理 (N_0 : $0 \text{ kg}/\text{hm}^2$);副区为栽插密度,设 30×10^4 蔸/ hm^2 (M_1 : $16.65 \text{ cm} \times 19.98 \text{ cm}$)、 24×10^4 蔸/ hm^2 (M_2 : $16.65 \text{ cm} \times 24.96 \text{ cm}$)和 18×10^4 蔸/ hm^2 (M_3 : $16.65 \text{ cm} \times 33.33 \text{ cm}$)。3 次重复,主区面积 45 m^2 ,裂区面积 15 m^2 。氮肥按 $m_{\text{基肥}} : m_{\text{分蘖肥}} : m_{\text{穗肥}} = 4 : 2 : 4$ 施用。其中:基肥在插秧前 1 d 施用,分蘖肥在插秧后 10 d 施用,穗肥在叶龄余数 1.5 左右施用。磷肥 (P_2O_5 : $90 \text{ kg}/\text{hm}^2$)全部用作基肥,钾肥 (K_2O : $180 \text{ kg}/\text{hm}^2$)按 $m_{\text{基肥}} : m_{\text{穗肥}} = 5 : 5$ 施用。氮、磷、钾分别为尿素、钙镁磷肥和氯化钾。其它管理同一般高产栽培。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 分蘖动态 移栽后每处理定 20 蔸,与栽插行方向垂直,两边各 10 蔸,从移栽后第 4 d 开始,每隔 4 d 调查 1 次茎蘖数,直到田间茎蘖数稳定。

1.3.2 干物质生产 移栽前 1 d 测定秧苗干物质重,于幼穗分化期(一次枝梗分化期)、抽穗期和成熟期,按平均数法每小区各取样 5 蔸,剪除根,将稻株分为叶片、茎鞘和穗(抽穗后)3 部分,于烘箱 105°C 杀青 15 min, 80°C 烘至恒重。

1.3.3 植株氮含量 用测定干物质重的样品粉碎后用 FOSS-2300 型自动定氮仪测定。

1.3.4 测产与考种 收获前 2 d 调查有效穗,每小区调查 30 蔸,按平均数法取样 5 蔸考种;每小区实割 200 蔸,脱粒后晒干称重。

1.3.5 有关指标的计算方法 氮肥表观利用率 (%) = $[(\text{施氮区植株总吸氮量} - \text{空白区植株总吸氮量}) / \text{施氮量}] \times 100$; 生产 100 kg 籽粒需 N 量 = $(\text{植株总吸氮量} / \text{稻谷产量}) \times 100$ 。

1.3.6 数据处理 文中数据为两年的平均值,用 Excel和 DPS进行数据处理。

2 结果与分析

2.1 施氮量与栽插密度对产量及产量构成因素的影响

方差分析表明(表 1),施氮量对产量及 4 个产量构成因素的影响均极显著;栽插密度对产量的影响显著,对有效穗数和每穗粒数的影响极显著,对结实率和千粒重的影响不显著;施氮量与栽插密度互作对产量、千粒重和结实率的影响不显著,对有效穗数的影响极显著,对每穗粒数的影响显著。

表 1 方差分析

Tab 1 Analysis of variance

变异来源 Variation source	F值 Value of F						$F_{0.05}$	$F_{0.01}$
	有效穗数 Effective panicles	粒数 穗 Spikelets /panicle	结实率 Seeding setting rate	千粒重 1 000 - grain weight	产量 Yield			
施氮量 Nitrogen	534.48**	5.22**	7.73**	5.71**	235.72**	3.05	4.82	
栽插密度 Density	192.49**	17.01**	0.19	2.36	5.22*	3.44	5.72	
交互效应 Interaction	4.12**	2.80*	1.54	1.70	0.37	2.55	3.76	

*, ** 分别表示达到 5% 和 1% 的显著水平。*, ** a significant at level of 5% or 1%, respectively

在 0~210 kg/hm² 施氮内,随着施氮量的增加,有效穗数和产量极显著增加,但 N₂ 与 N₃ 处理间差异不显著;N₁ 处理的千粒重极显著高于 N₂ 处理,显著高于 N₀ 处理;每穗粒数以 N₂ 处理最多,极显著高于 N₃ 处理,显著高于 N₀ 处理;施氮处理结实率极显著低于不施氮处理,而施氮处理间差异不显著(表 2)。随着栽插密度的增加,有效穗数极显著增加,而每穗粒数显著地减少;千粒重随栽插密度降低略有下降,结实率随栽插密度降低略有提高,但差异不显著(表 2)。表 3 表明,在不施氮情况下,增加栽插密度可适当提高产量,中高密度与低密度之间差异显著;在施氮条件下,不同密度处理间的产量随密度增加而增加,但差异不显著。

表 2 施氮量和栽插密度对产量及产量构成因素的影响

Tab 2 Effects of nitrogen application amount and planting density on yield and its components

处理 Treatments	有效穗数 / (×10 ⁴ · hm ⁻²) Effective panicles	粒数 穗 Spikelets/panicle	结实率 / % Seeding setting rate	千粒重 / g 1 000 - grain weight	产量 / (t · hm ⁻²) Yield
N ₀	198.69 ± 6.94cC	132.40 ± 5.82bAB	88.64 ± 1.50aA	24.34 ± 0.77bcAB	4.66 ± 0.30cC
N ₁	271.65 ± 16.33bB	137.44 ± 5.71aAB	86.14 ± 1.34bB	24.61 ± 0.75aA	6.92 ± 0.6bB
N ₂	296.89 ± 19.11aA	139.08 ± 10.71aA	86.86 ± 2.74bB	24.10 ± 1.47cB	7.40 ± 0.68aA
N ₃	295.95 ± 26.38aA	131.18 ± 20.14bB	86.71 ± 0.07bB	24.44 ± 0.58abAB	7.57 ± 1.08aA
M ₁	289.91 ± 21.69aA	129.15 ± 8.94cB	86.93 ± 1.40aA	24.47 ± 0.85aA	6.72 ± 0.51aA
M ₂	265.62 ± 15.53bB	134.82 ± 10.24bB	87.10 ± 0.88aA	24.41 ± 0.96aA	6.75 ± 0.75aA
M ₃	241.85 ± 14.35cC	141.11 ± 12.60aA	87.23 ± 1.86aA	24.24 ± 0.88aA	6.44 ± 0.56bA

小写,大写分别表示达到 5% 和 1% 的显著水平。

Capital letters express a significant level of 5% and lowercase letters express a significant level of 1%.

2.2 施氮量与栽插密度对分蘖及其成穗的影响

由表 4 可知,随着施氮量和栽插密度的增加,最高茎蘖数随之增加,成穗率下降。分蘖穗率(分蘖的成穗数占总有效穗数的比率)随着密度的增加而下降,但随着施氮量的增加而增加;相同施氮量时,随着栽插密度的增加,最高茎蘖数均随之增加,而成穗率和分蘖穗率随之下降;相同密度下,增施氮肥时最高茎蘖数和分蘖穗率增加。分析表明,分蘖穗率与产量呈线性相关,相关系数 $r=0.6486^{**}$ 。

表 3 施氮量与栽插密度互作对产量及产量构成因素的影响

Tab 3 Interaction of nitrogen application amount and planting density on yield and its components

处理 Treatments	有效穗数 / (×10 ⁴ · hm ⁻²) Effective panicles	粒数 穗 Spikelets/panicle	结实率 / % Seeding setting rate	千粒重 / g 1 000 - grain weight	产量 / (t · hm ⁻²) Yield
N ₀ M ₁	217.20 ± 11.03fG	129.52 ± 3.92cdeBCDE	87.22 ± 0.38bcABC	24.20 ± 0.86abcAB	4.65 ± 0.18eD
N ₀ M ₂	201.84 ± 3.05gH	128.76 ± 6.84deBCDE	89.26 ± 1.68abAB	24.59 ± 0.83aA	4.92 ± 0.68d
N ₀ M ₃	177.03 ± 6.75hI	138.93 ± 6.70bcABC	89.44 ± 3.20aA	24.22 ± 0.62abcAB	4.42 ± 0.06D
N ₁ M ₁	300.30 ± 16.65bcd	125.76 ± 1.80cDE	86.38 ± 3.13cBC	24.72 ± 0.74aA	7.06 ± 0.15bcdABC
N ₁ M ₂	265.80 ± 7.82dE	138.21 ± 9.51bcdABCD	85.87 ± 0.30cC	24.57 ± 0.95abA	6.94 ± 0.34cdBC
N ₁ M ₃	248.85 ± 14.64eF	148.36 ± 9.42aA	86.17 ± 0.59cC	24.56 ± 0.56abA	6.77 ± 0.60dC
N ₂ M ₁	325.95 ± 26.94aA	137.28 ± 13.74bcdeABCD	86.59 ± 1.48cABC	24.48 ± 1.36abAB	7.51 ± 0.71abAB
N ₂ M ₂	290.04 ± 14.09dD	141.04 ± 4.83abAB	87.03 ± 2.76cABC	24.05 ± 1.49bcAB	7.48 ± 0.71abAB
N ₂ M ₃	274.68 ± 16.29dE	138.94 ± 13.56bcABC	86.98 ± 4.00cABC	23.79 ± 1.56dB	7.22 ± 0.61abcdABC
N ₃ M ₁	316.20 ± 32.24aAB	124.06 ± 19.92fE	87.55 ± 1.39abcABC	24.48 ± 0.45abAB	7.69 ± 0.00aA
N ₃ M ₂	304.80 ± 27.15bBC	131.26 ± 19.78cdeBCDE	86.25 ± 1.24cBC	24.45 ± 0.55abAB	7.67 ± 0.27aA
N ₃ M ₃	266.85 ± 19.73dE	138.23 ± 20.73bcdABCD	86.32 ± 0.34cBC	24.40 ± 0.78abAB	7.35 ± 0.97abcABC

小写、大写分别表示达到 5%和 1%的显著水平。

Capital letters express a significant level of 5% and lowercase letters express a significant level of 1%.

表 4 施氮量与栽插密度对分蘖及其成穗的影响

Tab 4 Effects of nitrogen application amount and planting density on tiller and the rate of forming panicle

处理 Treatments	最高茎蘖数 / (×10 ⁴ · hm ⁻²) The max No of tiller	成穗率 Effective panicle forming rate	分蘖穗率 / % Tiller panicle rate
N ₀ M ₁	330.00 ± 33.94	65.73 ± 3.06	60.31 ± 6.16
N ₀ M ₂	309.00 ± 12.73	65.33 ± 1.66	62.26 ± 6.55
N ₀ M ₃	270.00 ± 22.91	65.81 ± 3.23	68.91 ± 8.61
N ₁ M ₁	461.25 ± 1.06	65.66 ± 2.96	66.14 ± 4.50
N ₁ M ₂	439.80 ± 21.21	60.34 ± 1.24	70.34 ± 5.68
N ₁ M ₃	337.95 ± 9.55	74.58 ± 5.21	74.35 ± 3.46
N ₂ M ₁	510.00 ± 59.40	65.27 ± 3.91	72.48 ± 2.93
N ₂ M ₂	472.80 ± 33.94	62.08 ± 2.39	72.22 ± 2.55
N ₂ M ₃	390.60 ± 35.64	71.42 ± 3.66	80.32 ± 1.50
N ₃ M ₁	501.75 ± 26.52	63.27 ± 2.63	73.55 ± 5.19
N ₃ M ₂	483.60 ± 30.55	63.04 ± 10.03	74.10 ± 3.66
N ₃ M ₃	428.85 ± 43.91	63.04 ± 10.68	75.84 ± 4.27

2.3 施氮量与栽插密度对干物质生产的影响

由表 5 可知,随着施氮量的增加,生物产量和前、中、后期的干物质积累量均随之增加。随着栽插密度的增加,生物产量随之增加,而前、中、后期干物质积累量随之有增加的趋势。在同一密度下,生物产量和前、中、后期的干物质积累量随施氮量的增加而增加;在相同施氮量情况下,生物产量随栽插密度的增加而增加,但差异不显著。分析表明:生物量与产量呈抛物线关系 ($y = -0.0574x^2 + 1.8859x - 7.3858$, $R^2 = 0.9779$),产量最高时的生物量为 16.43 t/hm²;前期 ($y = -1.9628x^2 + 12.159x - 11.259$, $R^2 = 0.7297$),中期 ($y = -1.0391x^2 + 10.144x - 17.379$, $R^2 = 0.8338$),后期 ($y = -0.4862x^2 + 5.2722x - 6.7269$, $R^2 = 0.9122$)干物质积累量与产量呈抛物线关系,产量最高时前、中、后期干物质生产量分别为 3.10, 4.88 t/hm²和 5.42 t/hm²。

2.4 施氮量与栽插密度对氮素积累量及氮肥利用率的影响

2.4.1 对氮素积累量的影响 由表 6 可知,生育前、中、后期的氮素积累量和总吸氮量随施氮量的增加而增加,处理间总吸氮量差异达极显著水平,而在不同密度处理间相差较小。相同密度下,总吸氮量和不同生育阶段的吸氮量均随施氮量的增加而增加;相同施氮量情况下 (N₁、N₂、N₃),总吸氮量在中高密度处理与低密度处理间差异显著。分析表明,总吸氮量与产量抛物线关系 ($y = -0.0002x^2 + 0.0706x$

表 5 施氮量与栽插密度对不同生育阶段干物质积累的影响

Tab 5 Effects of nitrogen application amount and planting density on dry matter accumulation in different growth stages

处理 Treatments	生物量 Biomass	移栽期 Transplanting stage	前期 Early stage	中期 Middle stage	后期 Late stage
N ₀ M ₁	9.09 ±0.41eD	0.36	2.10	3.57	3.06
N ₀ M ₂	8.81 ±0.65eD	0.32	1.87	3.18	3.44
N ₀ M ₃	8.290 ±0.43eD	0.23	2.05	3.24	2.76
N ₁ M ₁	12.88 ±0.11abcABC	0.40	3.30	4.69	4.49
N ₁ M ₂	11.55 ±1.52dC	0.33	2.81	4.66	3.75
N ₁ M ₃	11.76 ±0.39cdBC	0.27	2.11	5.13	4.25
N ₂ M ₁	13.29 ±0.93abAB	0.38	3.48	4.10	5.33
N ₂ M ₂	12.70 ±1.44abcdABC	0.34	3.09	4.34	4.93
N ₂ M ₃	12.27 ±0.14bcdABC	0.23	2.31	4.62	5.11
N ₃ M ₁	13.51 ±0.41aA	0.35	3.33	5.11	4.73
N ₃ M ₂	13.70 ±1.85aA	0.32	2.87	5.13	5.38
N ₃ M ₃	12.86 ±0.25abcABC	0.27	2.74	5.05	4.80

前期:移栽期 - 幼穗分化期;中期:幼穗分化期 - 抽穗期;后期:抽穗期 - 成熟期。

Early stage: Transplanting to panicle initiation stage; Middle stage: Panicle initiation stage to heading stage; Late stage: Heading stage to maturity stage

+0.6235, R² = 0.9871), 最高产量时总吸氮量为 176.50 kg/hm²; 前期 (y = -0.0009x² + 0.1608x + 0.6431, R² = 0.9749)、中期 (y = -0.0015x² + 0.2005x + 0.8125, R² = 0.9558) 和后期 (y = -0.0154x² + 0.7038x - 0.5353, R² = 0.9293) 的氮素积累量与产量呈抛物线关系, 产量最高时前、中、后期吸氮量分别为 89.33 kg/hm², 66.83 kg/hm² 和 22.85 kg/hm²。

表 6 施氮量与栽插密度对不同生育阶段氮素积累量的影响

Tab 6 Effects of nitrogen application amount and planting density on the nitrogen accumulation in different growth stages

处理 Treatments	总吸氮量 Total N accumulation	移栽期 Transplanting stage	前期 Early stage	中期 Middle stage	后期 Late stage
N ₀ M ₁	72.61 ±6.85dD	7.10	30.48	24.78	10.25
N ₀ M ₂	67.46 ±12.11dD	6.27	28.86	23.20	9.13
N ₀ M ₃	67.64 ±9.37dD	4.56	31.83	22.47	8.79
N ₁ M ₁	138.01 ±20.69dC	8.04	59.18	47.70	19.32
N ₁ M ₂	134.59 ±15.44deC	6.52	61.52	43.67	18.79
N ₁ M ₃	127.14 ±18.06eC	5.33	53.04	48.73	20.03
N ₂ M ₁	162.42 ±8.46bB	7.53	72.97	59.07	22.84
N ₂ M ₂	153.83 ±8.31bcB	6.72	66.90	47.47	18.91
N ₂ M ₃	150.74 ±23.07cB	4.52	63.79	61.31	16.30
N ₃ M ₁	187.25 ±15.56aA	6.97	79.60	66.13	22.68
N ₃ M ₂	179.92 ±19.25aA	6.42	75.39	78.83	19.28
N ₃ M ₃	162.54 ±32.35bB	5.30	68.90	69.78	18.56

前期:移栽期 - 幼穗分化期;中期:幼穗分化期 - 抽穗期;后期:抽穗期 - 成熟期。

Early stage: Transplanting to panicle initiation stage; Middle stage: Panicle initiation stage to heading stage; Late stage: Heading stage to maturity stage

2.4.2 施氮量与栽插密度对氮肥利用率的影响 由表 7 可知,不同施氮量处理间,氮肥表观利用率处理间差异很小,而生产 100 kg 籽粒的需氮量随施氮量的增加而增加;不同密度处理间,氮肥表观利用率和生产 100 kg 籽粒的需氮量以高密度 M₁ 大于中低密度 M₂ 和 M₃。相同施氮量时,氮肥表观利用率和

生产 100 kg 籽粒的需氮量以高密度 M_1 大于中低密度 M_2 和 M_3 ; 相同密度时, 高密度处理随施氮量的增加, 氮肥表观利用率先增加后下降, 中低密度时无明显规律性, 而生产 100 kg 籽粒的需氮量随施氮量增加而增加。相关分析表明, 生产 100 kg 籽粒需 N 量与产量呈线性相关 ($r=0.8984^{**}$)。

3 讨论

据预测, 到 2030 年中国人口将达到 16 亿, 要保证 2030 年中国粮食安全, 必须在现有基础上使总产提高 40% 以上, 单产增加 45% 以上^[12]。超级稻品种在我国的水稻生产中已表现出明显的增产效果。加大超级稻品种配套栽培技术的研究和推广已成为提高我国水稻单产的重要途径。生产实践表明, 欲发挥品种的产量潜力, 必须跟进良种良法配套。其中, 密度和肥料运筹最为重要。对一季稻的研究表明, 在适宜施氮量的情况下, 适度稀植有利于超级稻品种获得高产^[11, 13-14]。双季水稻有效分蘖期短, 保证密度是获取高产的基础。但是, 生产中经常提出的问题是适当增加基本苗是否可以减少氮肥的施用来实现超高产, 反之则是基本苗不足的情况下是否可以通过增施氮肥也能实现超高产的目的。

本研究表明, “天优华占”的产量随着施氮量的增加而增加; 在不施氮条件下, 不同密度间的产量差异达显著水平 (表 2), 施氮条件下不同密度之间的产量差异不显著 (表 3)。因此, 生产中保证氮肥的施用量是获取天优华占高产的基本策略, 欲通过增加密度而减少氮肥施用量来获取高产的可行性不大。尽管在施氮量 120 ~ 210 kg/hm² 内天优华占的产量对种植密度的反应不敏感, 但从高产稳产的角度, 种植密度以 24 × 10⁴ ~ 30 × 10⁴ 蔸/hm² 为佳。

参考文献:

- [1] 袁隆平. 依靠科技创新发展杂交水稻, 确保我国粮食安全 [J]. 中国农业科技导报, 2001, 3(2): 54 - 56
- [2] 潘晓华, 石庆华. 江西省双季水稻单产不高的原因及对策 [J]. 中国稻米, 2008, 15(4): 1 - 2
- [3] 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
- [4] 丁颖. 中国水稻栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1961, 10 - 35.
- [5] 潘圣刚, 曹凑贵, 蔡明历, 等. 栽插密度及方式对杂交水稻“红莲优 6 号”产量和品质的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(6): 845 - 849.
- [6] Russella C A, Dunnb B W, Battena G D, et al. Soil tests to predict optimum fertilizer nitrogen rate for rice [J]. Field Crops Research, 2006, 97: 286 - 301.
- [7] 晏娟, 尹斌, 张绍林, 等. 不同施氮量对水稻氮素吸收与分配的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2008, 14(5): 835 - 839
- [8] 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
- [9] 蔣彭炎, 冯来定. 水稻稀少平栽培法理论与技术 [M]. 杭州: 浙江科技出版社, 1989: 1 - 15.
- [10] 凌启鸿. 作物群体质量 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2000: 217 - 292
- [11] 龙旭, 马均, 许凤英, 等. 水稻强化栽培的适宜秧龄和栽植密度研究 [J]. 四川农业大学学报, 2005, 23(3): 368 - 373.
- [12] 汪宏广. 中国粮食安全研究 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 1 - 24.
- [13] 周建群, 吴朝晖. 种植密度对超级杂交中稻产量和群体质量的影响 [J]. 湖南农业科学, 2009, (8): 18 - 20, 23.
- [14] 田智慧, 潘晓华. 氮肥运筹及密度对超高产水稻中优 752 的产量及产量构成因素的影响 [J]. 江西农业大学学报, 2007, 29(6): 894 - 898.

表 7 施氮量与栽插密度对氮肥利用率的影响

Tab 7 Effects of nitrogen application amount and planting density on nitrogen use efficiency

处理 Treatments	氮肥表观利用率 / % Apparent utilization ratio of nitrogen	生产 100 kg 籽粒需 N 量 / kg N requirement for 100 kg grain production
N_0M_1		1.62 ± 0.04
N_0M_2		1.47 ± 0.24
N_0M_3		1.57 ± 0.07
N_1M_1	50.62 ± 17.01	1.96 ± 0.36
N_1M_2	41.27 ± 11.82	1.77 ± 0.04
N_1M_3	46.09 ± 12.18	1.92 ± 0.50
N_2M_1	57.53 ± 3.41	2.31 ± 0.18
N_2M_2	49.46 ± 1.79	2.11 ± 0.33
N_2M_3	49.63 ± 9.33	2.17 ± 0.50
N_3M_1	55.26 ± 3.20	2.60 ± 0.53
N_3M_2	49.30 ± 9.42	2.43 ± 0.79
N_3M_3	43.29 ± 13.63	2.30 ± 0.82