

# 寒地高纬度地区水稻高产栽培氮肥运筹体系研究

薛 成<sup>1</sup>, 赵丽琴<sup>1</sup>, 魏玉光<sup>1</sup>, 姬景红<sup>2</sup>, 孙喜波<sup>3</sup>

(1. 黑龙江北大荒农业股份有限公司七星分公司研发中心, 富锦 156300;  
2. 沈阳农业大学资环学院, 沈阳 110161; 3. 鸡西市麻山林场, 鸡西 158100)

**摘要:** 采用田间小区试验和室内化验相结合的方法研究高纬度地区氮肥对水稻群体素质和产量构成的影响, 阐述氮肥对水稻的增产效应, 确定基本施肥参数。结果表明: 处理 1 产量最高, 达到  $9\,055.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 比对照增产 26.4%, 但是贪青, 成熟期晚 3~4 d。其次是处理 2 和处理 3, 分别比对照增产 20.8% 和 16.7%。土壤基础生产能力为  $7\,164.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 生产 100 kg 稻谷需纯氮 1.79 kg, 本地白浆土土壤供氮量  $128.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ; 肥料供纯氮量  $27.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 尿素利用率 28.7%, 基肥增产 7.5%, 肥料利用率为 22.8%, 蘖肥增产 6.7%, 利用率为 44.2%, 穗肥增产 10.2%, 利用率 35.7%; 处理 1、2、3 尿素利用率分别为 32.3%、25.5%、20.3%。说明随着基、蘖肥投入比例的增加, 氮肥利用率降低。当目标产量为  $9\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  时, 施氮总量为  $114.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。

**关键词:** 寒地水稻; 氮肥运筹; 水稻; 产量

中图分类号: S 143.19      文献标识码: A      文章编号: 1002-2767(2007)05-0044-04

## Study of Nitrogen Fertilizer Planning and Management System on High Yield Cultivation of Paddy Rice in High Latitude Region

XUE Cheng ZHAO Li qin<sup>1</sup>, WEI Yu guang<sup>1</sup>, JI Jing hong<sup>2</sup>, SUN Xi bo<sup>3</sup>

(1. Qixing Research and Development Center of Heilongjiang Beidahuang Company Limited, Fujin 156300; 2. Resources and Environmental Sciences, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161; 3. Mashan Forestry Field in Jixi, Jixi 158100)

**Abstract:** The effect of Nitrogen fertilizer on rice group quality and yield in high latitude region was studied and the applying fertilizer parameter was ascertained using the method of field experiment and interior chemical examination. The results showed that yield of treatment 1 was maximal,  $9\,055.5\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , followed by treatment 2 and treatment 3 increasing by 26.4%, but deferring to 3~4 days of maturation period. The soil basis production ability was  $7\,164.0\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ . The 100 kg paddies need pure nitrogen 1.79 kg, soil and fertilizer provided pure nitrogen amounts were  $128.2\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  and  $27.3\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ , respectively. Urea utilization ratio was 28.7%. Base fertilizer increased the production by 7.5% and fertilizer utilization ratio was 22.8%; Tillering fertilizer increased the production by 6.7%, fertilizer utilization ratio was 44.2%; Ear fertilizer increased the production by 10.2%, fertilizer utilization ratio was 35.7%. Urea utilization ratio was 32.3%, 25.5%, 20.3% of treatment 1, treatment 2 and treatment 3. It was suggested that we should input pure nitrogen  $114.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$  when the target yield was  $9\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ .

**Key words:** rice in cold region; Nitrogen fertilizer planning and management; yield

随着水稻产量的不断提高, 种植面积的不断扩大, 不同肥料运筹技术, 特别是氮肥的运筹技术越来越

收稿日期: 2007-03-29  
第一作者简介: 薛成(1963-), 男, 黑龙江富锦市人, 助理农艺师, 从事作物栽培及土壤肥科学。E-mail: xuecheng@163.com。

越引起人们的重视。水稻氮肥运筹技术在南方籼稻上已经做过大量研究<sup>[1]</sup>,但是在北方粳稻地区特别是高纬度地区氮肥运筹技术还没有详细报道。为了明确在高纬度地区氮肥对水稻群体素质和产量构成的影响,阐述氮肥对水稻的增产效应进行了试验研究,以期水稻高产更高产提供合理的科学氮肥运筹体系。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验设在黑龙江北大荒农业股份有限公司七星研发中心科技园区,供试土壤为草甸白浆土,土壤有机质 30.9 g · kg<sup>-1</sup>、pH 6.05、速效钾 69.3 mg · kg<sup>-1</sup>、速效磷 26.8 mg · kg<sup>-1</sup>、碱解氮 142.3 mg · kg<sup>-1</sup>。

1.2 试验材料

供试肥料:尿素(N 46%)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)、硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%);供试水稻品种为空育 131。

1.3 试验设计

施氮总量参照百亩核心方技术规程确定,氮肥的施用时期、施用量和比例详见表 1。试验设 6 个处理,10 行区,12 m 行长,小区面积 36 m<sup>2</sup>,插秧规格 0.30 m × 0.13 m,随机区组排列,3 次重复。施肥量为 N 105.0、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75.0、K<sub>2</sub>O 75.0 kg · hm<sup>-2</sup>。各处理磷钾肥用量相同,磷肥 100%基施,钾肥 60%作基施、40%作穗肥。

表 1 各处理氮肥施用量、施用时期和比例

处理代码	总施氮量	基肥比例	蘖肥比例	穗肥比例
	/kg · hm <sup>-2</sup>	/%	/%	/%
1	7.0	40	20	40
2	7.0	40	30	30
3	7.0	50	30	20
4	4.9	0	40	30
5	2.8	40	0	0
6	0	0	0	0

2 结果与分析

2.1 不同处理茎蘖动态变化

各处理移栽基本苗一致,每穴 4 株。从 5 月 29 日到 6 月 12 日,大于 10℃有效积温仅为 96.4℃,分蘖缓慢,从 6 月 12 日到 7 月 18 日,大于 10℃有效积温为 391.9℃,各处理分蘖迅速增加,之后处理 1、2、3 缓慢增加,处理 4、5、6 缓慢下降(见图 1)。这与当时的有效积温有关。处理 1、2、3 在 8 月 1 日水稻茎数达到最大值,分蘖数分别为 553.0、468.0、449.9 个 · m<sup>-2</sup>。处理 4、5、6 在 7 月 18 日水稻茎数达到最大值,分蘖数分别为 452.5、392.5、382.5 个 ·

m<sup>-2</sup>,以处理 5 为最高,比处理 6 多 70 个分蘖,处理 4 比处理 6 多 10 个分蘖。处理 1 最高分蘖数最多,但由于穗肥比例偏大,晚生分蘖较多。其次是处理 2、处理 3、处理 5、处理 4 和处理 6。这与氮的供应水平有关,因为氮是作物体内许多重要有机化合物的组分,如蛋白质、核酸、叶绿素、酶、维生素、生物碱和一些激素等都含有氮素<sup>[1,2]</sup>。

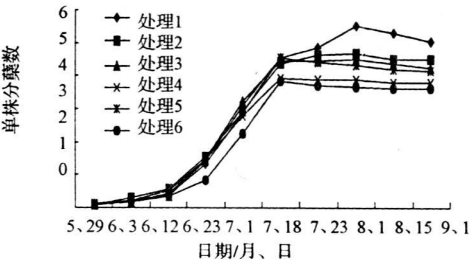


图 1 水稻单株分蘖变化

5 月 29 日、6 月 3 日、6 月 12 日、6 月 23 日、7 月 1 日、7 月 18 日、7 月 23 日调查各处理单株分蘖差异均不明显;8 月 5 日和 9 月 1 日调查处理 1 与处理 4、处理 6 差异达极显著水平,其它处理差异不显著。

2.2 不同处理叶龄变化

7 月 23 日调查各处理剑叶均完全展开。从表 2 可以看出,同一调查日期各处理叶龄相近,但是以不施氮处理最低;不施氮处理即处理 6 达到最高叶龄的时间较施氮处理早 5 d。各处理均有减叶现象,但是减叶的程度不一样。不同时期各处理叶龄差异均不明显(新复级差法)。

表 2 不同施肥处理叶龄变化

处理	日期(月、日)							减叶数
	5、29	6、3	6、12	6、23	7、1	7、18	7、23	
1	3.6	4.5	5.3	6.4	7.4	10.3	10.7	0.3
2	3.4	4.3	5.0	6.0	7.2	10.1	10.6	0.4
3	3.6	4.5	5.1	6.3	7.5	10.3	10.5	0.5
4	3.6	4.4	5.3	6.3	7.4	10.1	10.3	0.7
5	3.6	4.5	5.2	6.4	7.5	10.4	10.4	0.6
6	3.4	4.2	4.9	6.0	7.1	10.1	10.1	0.9

2.3 不同处理对超级稻产量和产量构成因子的影响

从表 3 可以看出,不同处理水稻产量和产量构成因子有一定的差异。株高和穗长随着施氮量的增加而增加,施氮量相近时二者差异不大。平方米穗数处理 1 最多,其次是处理 2 和处理 3,处理 6 最少。各处理穗实粒数相差不大,但以处理 6 最少;施氮肥各处理千粒重相近,但与不施肥处理相比差异

显著,不施氮处理比施氮处理千粒重高 0.5~0.8 g。缺氮,植株生长缓慢,个体矮小,形成的库容量较小,所以不施氮肥的处理穗粒数较少;缺氮的植株因为提前进入生殖生长阶段,籽粒灌浆的时间较长,再加上穗粒数较少,每个籽粒获得的养分相对较多,所以籽粒饱满,千粒重高,空瘪率低。

处理 1 产量最高,达到 9 055.5 kg·hm<sup>-2</sup>,比处理

6 增产 26.4%。但是成熟期较晚晚生分蘖多,贪青晚熟,成熟期晚 3~4 d 如果早霜将不能正常成熟,青粒增加,严重影响水稻品质和产量。其次是处理 2 和处理 3 分别比处理 6 增产 20.8%和 16.2%。处理 6 产量最低,只有 7 164.0 kg·hm<sup>-2</sup>。

利用新复极差法对各处理生物学性状及产量结果进行方差分析(见表 3)。

表 3 不同处理对水稻产量和产量构成因子的影响

处理	株高 /cm	穗长 /cm	穗数	实粒数	千粒重/g	空瘪率/%	实际产量/kg·hm <sup>-2</sup>	比对照增产 /%
			/个·m <sup>-2</sup>	/个·穗 <sup>-1</sup>				
1	82.6Aa	13.2a	602.7Aa	62.6a	26.4a	15.8	9055.5Aa	26.4
2	81.8Aa	13.3a	549.3AaBb	62.6a	26.4a	15.9	8658.0AaBb	20.8
3	81.2Aab	13.1a	525.3ABb	62.5a	26.6a	16.5	8355.0AaBb	16.2
5	81.2Aab	12.5a	516.7AaBb	60.2a	26.7a	10.3	8218.5ABb	14.7
4	76.9ABb	12.4a	479.0Bb	61.4a	26.4a	9.1	7699.5AaBb	7.5
6	74.1Bb	12.5a	460.0Bb	59.0a	27.2a	5.9	7164.0ABb	-

2.4 生产 100 kg 稻谷的养分吸收量

秋季收获后,将各处理茎秆和籽粒单独收获,风干后,分别对平方米茎秆和籽粒称重(见表 4),测定全氮含量(见表 5)。

表 4 各处理秸秆和籽粒产量 kg·hm<sup>-2</sup>

部 位	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6
茎秆	5446.5	7522.5	6027.0	4683.0	5206.5	3946.5
籽粒	9055.5	8658.0	8355.0	7699.5	8218.5	7164.0

表 5 各处理茎秆及籽粒养分含量 %

部位	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5	处理 6
茎秆	0.87	0.87	0.72	0.68	0.68	0.58
籽粒	1.15	1.18	1.12	1.06	1.21	0.95

在已知的高等植物必需的 16 种营养元素中,氮作为“植物营养三要素”和“肥料三要素”<sup>[3]</sup>之一,起着非常重要的作用。当地习惯施氮肥基:蘖:穗的比例为 5:3:2 和 4:3:3,所以依据处理 2、3 秸秆和籽粒产量以及测定结果,空育 131 生产 100 kg 稻谷需氮量为:

生产 100 kg 稻谷需氮量=(6774.6×0.80+

8506.5×1.15)/8506.5=1.79 kg。

注:上式中数据是处理 1、2、3 的平均值。

2.5 土壤供肥量

根据处理 6 的产量(见表 4)和生产 100 kg 稻谷需氮量,土壤供氮量为:

土壤供氮量=处理 6 产量×生产 100kg 稻谷需氮量=7164.0/100×1.79=128.2 kg·hm<sup>-2</sup>。

2.6 空育 131 养分吸收来源和表现利用率

2.6.1 空育 131 养分吸收来源 从表 6 可以看出:分蘖期植株吸收的氮素主要来自于土壤,来自肥料中的氮素仅占很小的一部分;抽穗期作物植株体内来自于肥料的氮素明显增加,成熟期最高。原因可能与当时的气温有关,气温高,酰胺态氮转化为铵态氮的速度快,利于作物吸收利用。

2.6.2 氮肥表现利用率 处理 1、2、3 的平均籽粒产量为(9 055.5+8 658.0+8 355.0)/3=8 689.5 kg·hm<sup>-2</sup>,需总氮量为 8 689.5/100×1.79=155.5 kg·hm<sup>-2</sup>。

根据 2.5 计算,土壤供氮量为 128.2 kg·hm<sup>-2</sup>,其余的氮素由肥料供给(灌溉水和大气没有污染,大气和灌溉水中的氮忽略不计)。

肥料供给的氮量=公顷产量需总氮量-公顷土壤供氮量=155.5-128.2=27.3 kg·hm<sup>2</sup>。

肥料表现利用率%=(施肥区水稻吸收的养分量-不施肥区水稻吸收的养分量)÷肥料施用量×肥料养分含量×100%=(155.5-128.2)÷105×100%=28.7%

表 6 不同生育时期干物重及 N 含量

处理	分蘖期			抽穗期			成熟期						合计
	重量	N 含量	N 总量	重量	N 含量	N 总量	秸秆重量	N 含量	N 总量	籽粒重量	N 含量	N 总量	
	/kg·hm <sup>-2</sup>	/%	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>	/%	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>	/%	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>	/%	/kg·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>
1	3080.5	1.25	38.6	7016.7	0.70	49.1	5446.5	0.87	47.4	9055.5	1.15	104.1	151.5
2	2915.7	1.43	41.6	6612.5	0.74	48.9	7522.5	0.87	65.4	8658.0	1.18	102.2	167.6
3	3000.5	1.30	39.1	6547.0	0.69	45.2	6027.0	0.72	43.4	8355.0	1.12	93.6	137.0
4	2733.8	1.17	31.9	6102.6	0.65	39.7	4683.0	0.68	31.8	7699.5	1.06	81.6	113.5
5	2799.4	1.21	33.7	6582.3	0.69	45.4	5206.5	0.68	35.4	8218.5	1.21	99.4	134.8
6	2632.1	1.34	35.3	6380.7	0.56	35.7	3946.5	0.58	22.9	7164.0	0.95	68.1	90.9

2.7 基肥增产效果和基肥利用率计算

据表 4、表 5 数据计算所得:

处理 4 与处理 6 相比,增产 7.5%(见表 3),根

基肥利用率/%= 
$$\frac{\text{施基肥区水稻吸收的养分量} - \text{不施基肥区水稻吸收的养分量}}{\text{肥料施用量} \times \text{肥料养分含量}} \times 100\% =$$

$$\frac{7\,699.5/100 \times 1.79 - 7\,164.0/100 \times 1.79}{105 \times 40\%} \times 100\% = 22.8\%$$

2.8 蘖肥增产效果及蘖肥利用率计算

7 699.5) / 7 699.5 × 100 % = 6.7%, 根据表 3、表 4、

处理 5 与处理 4 相比,增产 ( 8 218.5 – 表 5 数据计算所得:

蘖肥利用率/%= 
$$\frac{\text{处理 5 水稻吸收的养分量} - \text{处理 4 水稻吸收的养分量}}{\text{肥料施用量} \times \text{肥料养分含量}} \times 100\% =$$

$$\frac{8\,218.5/100 \times 1.79 - 7\,699.5/100 \times 1.79}{105 \times 20\%} \times 100\% = 44.2\%$$

2.9 穗肥的增产效果及利用率计算

8 218.5) / 8 218.5 × 100 % = 10.2%, 根据表 3、表 5、

处理 1 与处理 5 相比,增产 ( 9 055.5 – 表 6 数据计算所得:

穗肥利用率/%= 
$$\frac{\text{处理 1 水稻吸收的养分量} - \text{处理 5 水稻吸收的养分量}}{\text{肥料施用量} \times \text{肥料养分含量}} \times 100\% =$$

$$\frac{9\,055.5/100 \times 1.79 - 8\,218.5/100 \times 1.79}{105 \times 40\%} \times 100\% = 35.7\%$$

2.10 氮肥不同施用时期、不同施肥比例对肥料利用率的影响

处理 1、2、3 施纯氮均为 7 105 kg·hm<sup>-2</sup>,但是各时期施用的比例不一样,根据表 3 数据和肥料利用率公式,计算处理 1、2、3 的尿素利用率分别为 32.3%、25.5%、20.3%。说明随着基蘖肥投入比例的增加,氮肥利用率降低。

2.11 施肥的精确定量

利用 Stanford 差值法计算适宜的施氮总量:  
施氮总量 /kg·hm<sup>-2</sup>=  
$$\frac{\text{目标产量需肥量} - \text{土壤供肥量}}{\text{肥料当季利用率}}$$

假设目标产量 9 000 kg·hm<sup>-2</sup>,目标产量需肥量=9 000/100×1.79=161.1 kg·hm<sup>-2</sup>,根据该试验结果土壤供肥量为 128.2 kg·hm<sup>-2</sup>,氮肥的当季利用率为 28.7%,确定:

$$\text{施氮总量} / \text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} = \frac{161.1 - 128.2}{28.7\%} = 114.6$$

3 结 论

3.1 处理 1 即基 : 蘖 : 穗之比为 4 : 2 : 4 时产量最

高,达到 9 055.5 kg·hm<sup>-2</sup>,比不施氮的处理 6 增产 26.4%,但是贪青,成熟期晚 3~4 d。其次是处理 2 和处理 3,分别比处理 6 增产 20.8%和 16.7%。供试白浆土的基础产量,为 7 164.0 kg / ·hm<sup>-2</sup>。

3.2 生产 100 kg 稻谷需纯氮 1.79 kg,土壤供纯氮量 128.2 kg·hm<sup>-2</sup>,肥料供纯氮量 27.3 kg·hm<sup>-2</sup>。尿素利用率 28.7%。基肥增产效应为 7.5%,利用率为 22.8%;蘖肥增产效应为 6.7%,利用率为 44.2%;穗肥增产效应为 10.2%,利用率 35.7%;处理 1、2、3 尿素利用率分别为 32.3%、25.5%、20.3%。说明随着基蘖肥投入比例的增加,氮肥利用率降低。

3.3 当目标产量为 9 000 kg·hm<sup>-2</sup>时,施纯氮总量为 114.6 kg·hm<sup>-2</sup>。

参考文献:

[ 1 ] 陈林娟,吴福观,顾东华等.水稻氮肥运筹技术研究[ J ].上海农业科学,2002( 1 ): 36-37.

[ 2 ] 陆景陵.植物营养学(上册)[ M ].北京:中国农业大学出版社,2003: 23.

[ 3 ] 孙羲.植物营养原理[ M ].北京:中国农业出版社,1997: 38.