

文章编号:1003-8701(2012)06-0025-04

氮素运筹对吉林超高产水稻的产量及氮效率的研究

王 蒙¹, 赵兰坡^{1*}, 王立春^{2*}, 秦裕波², 李 前²,
尹彩侠², 侯云鹏², 张 磊², 谢佳贵²

(1. 吉林农业大学资源与环境学院, 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所 / 农业部东北植物营养与农业环境重点实验室, 长春 130033)

摘 要: 在吉林西部地区, 以超级稻品种吉梗 88 为试验材料, 在相同施氮量的条件下, 研究不同氮肥运筹对水稻的分蘖数、产量以及氮效率的影响。结果表明: 基肥与穗肥的比例为 5:3:2 的处理 4 产量最高, 增产幅度最大, 氮肥不同运筹方式可显著提高水稻产量, 其中一个原因是氮肥运筹增加了单位面积有效穗数和各个生育期的地上部干物重。与不施氮肥相比, 氮肥可显著提高水稻分蘖数。重视基肥, 适当减少穗肥, 适当增加穗肥的比例, 本试验条件下处理 4(50%基肥、30%分蘖肥、20%穗肥) 是兼顾产量和环境的最佳氮肥运筹方式。

关键词: 水稻; 氮肥运筹; 产量; 氮效率

中图分类号: S511.06

文献标识码: A

Research of Nitrogen Application on Super Rice Yield and Nitrogen Efficiency in Jilin Province

WANG Meng¹, ZHAO Lan-po¹, WANG Li-chun², QIN Yu-bo², LI Qian²,
YIN Cai-xia², HOU Yun-peng², ZHANG Lei², XIE Jia-gui²

(1. College of Resources and Environment Science, Jilin Agricultural University, Changchun 130118;
2. Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-Environment in Northeast Region, Ministry of Agriculture;
Agricultural Resources and Environment Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences,
Changchun 130033, China)

Abstract: The effect of different nitrogen application methods on the number of tillers, yields and nitrogen efficiency of rice was studied on the condition that applying same N, and 'Jijing 88' was used as materials. The results showed that the yield of treatment 4 which the basal fertilizer, tiller fertilizer and panicle fertilizer was 5:3:2 was the highest. Different N application methods could increased rice yield significantly, and one of the reasons was that nitrogen application increased effective panicles per unit area and various growth period aboveground dry weight. Compared with no nitrogen fertilizer, nitrogen fertilizer increased the number of tillers of rice significantly. Emphasis on basal fertilizer, reducing tiller fertilizer and increasing the proportion of panicle fertilizer appropriately, the treatment 4 (50% of the basal fertilizer, 30% of the tiller fertilizer, 20% of the panicle fertilizer) was the best nitrogen application method to balance production and environment.

Keywords: Rice; Nitrogen application; Yield; Nitrogen efficiency

收稿日期: 2012-10-08

基金项目: 国家科技计划(2012BAD04B02); 国际植物营养研究所(IPNI)项目(BFDT-jilin-2011) 363 课题(NC2010FB0068)

作者简介: 王 蒙(1987-), 男, 在读硕士, 主要从事作物栽培研究。

通讯作者: 赵兰坡, 男, 教授, E-mail: zhaolanpo12@163.com

王立春, 男, 研究员, E-mail: wlc1960@163.com

氮素是土壤肥力中最活跃的因素,施氮也是影响作物产量及作物氮素吸收的重要栽培措施,合理施用氮肥已经成为限制水稻高产的主要原因之一^[1],氮素营养状况是影响水稻分蘖的重要因素,水稻分蘖成穗率与氮肥用量及施用时期有直接关系^[2],前人的研究表明,氮肥运筹不仅影响水稻植株的生长发育和产量形成,而且还显著地影响氮素本身的吸收与利用^[3-4]。在一定范围内,水稻植株氮素吸收量随施氮量的增加而增加。凌启鸿等提出肥料运筹是优化水稻群体质量的主要调控技术,科学施肥是提高成穗率,增加总颖花量的一条重要途径。众多研究表明,大田氮肥运筹方式将对水稻产生深刻的影响。本研究在吉林省西部地区水稻种植区以超级稻品种吉梗 88 为试验材料,设计不同氮肥运筹处理,研究不同施氮比例

对分蘖数、地上部干物重、产量以及氮效率的影响,明确氮肥运筹对水稻的生长和产量的影响,为超级稻超高产栽培提供技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料与田间设计

试验地设在吉林省前郭县白依拉嘎乡红光村红光农场,土壤基础肥力:速效 N 为 164.5 mg/kg、速效 P 为 16.7 mg/kg、速效 K 为 77.6 mg/kg、有机质为 3.6%,pH 为 7.56。选择超级稻品种吉梗 88,种植密度为 19.8 万穴/hm²。

试验设计 3 次重复,小区面积 20 m²,小区随机排列。钾肥、磷肥各处理的施肥量相同,每公顷施用 P₂O₅ 80 kg、K₂O 100 kg,且作基肥一次性施入,氮肥运筹处理施肥量见表 1。

表 1 氮肥运筹处理施肥量

处理	施 N 量(kg/hm ²)			
	基肥	分蘖肥	穗肥	粒肥
1.N0	0	0	0	0
2.N180(100%基肥)	180	0	0	0
3.N180(50%基肥 50%分蘖肥)	90	90	0	0
4.N180(50%基肥 30%分蘖肥 20%穗肥)	90	54	36	0
5.N180 (50%基肥 35%分蘖肥 10%穗肥 5%粒肥)	90	63	18	9
6.N180 (25%基肥 35%分蘖肥 20%穗肥 20%粒肥)	45	63	36	36

1.2 测定项目与方法

地上部干物重:于移栽期、返青期、分蘖期、孕穗期、灌浆期和成熟期 6 个时期取样,首先将茎叶、穗(成熟期)分开,分别装入样品袋,105℃杀青 30 min,然后在 75℃下烘干至恒重,称重,计算干物质积累量及植株吸氮量;小区样方测产。

产量及构成因素:成熟期每小区取具有代表性植株 5 穴,进行室内考种,调查每穴平均穗数、株高、穗长、穗粒数、结实率、千粒重(饱粒重)。

1.3 计算方法^[5-6]

氮素收获指数 (NHI,%)= 子粒吸氮量 / 植株总吸氮量 × 100

氮肥利用率(REN,%)= (施氮区地上部吸氮量 - 无氮区地上部吸氮量) / 施氮量 × 100

氮肥偏生产力 (PEPN,kg_{grain}/kg)= 施氮区子粒产量 / 施氮量

氮肥农学利用率(AEN,kg_{grain}/kg)=(施氮区子粒产量 - 无氮区子粒产量) / 施氮量

氮生理利用效率 (NUtE,kg_{grain}/kg)= 子粒产量 (植株地上部生物量) / 植株地上部氮累积量

2 结果与分析

2.1 水稻产量与产量构成因子分析

从表 2 的试验结果得出,与不施氮肥处理相比,施氮各处理对水稻产量达到显著水平,增产幅度为 3 782 kg/hm²(68.3%)~5 420 kg/hm²(97.8%),说明氮肥对水稻产量有明显的增产效果。这几种氮肥不同运筹处理的产量结果表明,处理 4(50%基肥、30%分蘖肥、20%穗肥)的产量最高,为 10 961 kg/hm²,与处理 2、处理 3 之间存在显著性差异,处理 4 与另外两种增加穗肥施用量比例的处理 6、处理 7 相比,差异并不明显。

从产量构成因素分析,处理 4(50%基肥、30%分蘖肥、20%穗肥)有效穗数最高,为 352.2 万穗/hm²,与处理 1、处理 2 之间存在显著性差异。其次为处理 3(50%基肥、50%分蘖肥),表现最差的为处理 2 (100%基肥)和处理 5(25%基肥、35%分蘖肥、20%穗肥、20%粒肥),表明在等量氮素下,一次性基施氮肥、减少基肥用量或依赖增加分蘖肥用量并不能争取到适宜分蘖数,使有效穗数不足,不能获得高

产,可见,要保证获得适宜的有效穗数,只有在适宜的基肥以及分蘖肥用量,使土壤氮持续有效供应水稻的生长,才能提高群体茎蘖成穗率。实粒数、实粒率和千粒重各处理间无显著性差异。

2.2 氮素对水稻分蘖数变化规律

从表 3 可见,施用氮肥可显著地提高水稻分蘖数,提高幅度为 36.8%~94.5%,分蘖数有随施

氮量增加而提高的趋势,当施氮量为 180 kg/hm² 时分蘖数最高,达到 31.3 个/穴,然后有下降的趋势,从几种运筹方式来看,处理 4 (50%基肥、30%分蘖肥、20%穗肥)在末期分蘖数最大,与处理 1、处理 2 之间存在显著性差异,由此可见,氮肥适宜基肥和分蘖肥比例能够提高水稻分蘖数,从而影响产量。

表 2 氮肥运筹对水稻产量及产量因素的影响

处 理	产量 (kg/hm ²)	有效穗数(万穗/hm ²)	实粒数(个/穗)	结实率(%)	千粒重(g)
1.N0	5541 d	180.2 d	113.3 ab	97.8 ab	23.0 a
2.N180(1:0)	9322 c	260.0c	106.8 b	95.2 b	23.3 a
3.N180(1:1)	10146 b	346.2 a	108.1 b	96.6 ab	22.9 a
4.N180(5:3:2)	10961 a	352.2 a	126.6 a	98.2 a	23.2 a
5.N180(2.5:3.5:2:2)	10445 ab	340.0 ab	119.4 ab	95.3 b	23.4 a
6.N180(5:3.5:1:0.5)	10640 ab	348.1 a	115.6 ab	95.3 b	23.1 a

注 同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异达 5%显著水平,下同。

表 3 氮肥运筹对水稻分蘖数变化的影响

处 理	分蘖数(个/穴)			与不施 N 肥相比增加	
	初期(6·15)	中期(6·23)	末期(7·30)	分蘖数	百分率(%)
1.N0	6.3 d	14.0 e	16.3 d	-	-
2.N180(1:0)	7.7 cd	26.7 ab	27.3 bc	11	67.5
3.N180(1:1)	10.3 ab	25.3 bcd	29.7 abc	13.4	82.2
4.N180(5:3:2)	12.0 a	30.3 a	31.7 a	15.4	94.5
5.N180(2.5:3.5:2:2)	9.3 bc	27.3 ab	27.3 ab	11	67.5
6.N180(5:3.5:1:0.5)	11 ab	26.3 bc	27.0 abc	10.7	65.6

2.3 氮肥运筹对水稻地上部干物重积累规律

从表 4 可知,在移栽期,各处理间并不存在显著性差异。从返青期开始,处理 1 由于是不施氮处理,致使处理 1 在各个生育期的地上部干物重均与其他施氮处理存在显著性差异,处理 2 是一次性施肥,拔节期前与各处理没有显著性差异,到鼓

粒期、成熟期出现早衰的现象。处理 3~处理 6 这 4 个处理的不同氮肥运筹的结果表明,基肥的施用量对于水稻分蘖时期的地上部干物重影响较大,可能会影响产量的形成,适当的增加粒肥,使成熟期的地上部干物重有所增大,进而会有增产的效果。

表 4 氮肥运筹对水稻地上部分干物重的影响

处理	地上部干物重(kg/hm ²)					
	0(d)移栽期	11(d)返青期	32(d)分蘖期	53(d)拔节期	88(d)鼓粒期	122(d)成熟期
1.N0	53.6 a	66.7 b	318.1c	1623.6 b	8772.7 c	9797.7 c
2.N180(1:0)	52.8 a	77.9 a	533.3 b	3049.2 a	10194.8 bc	15968.5 b
3.N180(1:1)	53.2 a	81.8 a	781.4 a	3531.0 a	11519.2 ab	17234.7ab
4.N180(5:3:2)	53.0 a	84.5 a	679.8 ab	3559.8 a	12093.6 a	17819.9 a
5.N180(2.5:3.5:2:2)	52.6 a	87.1 a	594.0 b	3548.6 a	11847.0 a	17505.1 a
6.N180(5:3.5:1:0.5)	51.9 a	83.8 a	637.6 ab	3513.4 a	12610.4 a	18154.7 a

2.4 氮肥运筹对水稻氮效率的影响

张福锁等系统总结了我国主要粮食作物的氮

肥偏生产力和氮肥农学效率。其中,水稻、小麦和玉米的氮肥偏生产力分别为 54.2 kg/kg、43.0

kg/kg 和 51.6 kg/kg; 氮肥农学效率分别为 10.4 kg/kg、8.0 kg/kg 和 9.8 kg/kg^[7]。氮肥偏生产力和氮肥农学效率不仅在不同作物上存在差异, 而且受到施肥处理和不同氮水平的影响^[8-9]。

由表 5 可知, 处理 5 的氮收获指数与其他处理间存在显著差异, 处理 4、处理 5、处理 6 的植株

与子粒的总吸氮量, 氮肥利用率、氮肥农学利用率均与其他处理存在显著性差异。可见一次性施用氮肥或只施用基肥的施肥方式降低氮肥的利用效率, 同时也并未提高子粒产量, 浪费资源。虽然氮肥偏生产力并没有存在差异, 但是处理 4、5、6 相对于处理 2、3 有一定的提高。氮肥生理利用率

表 5 氮肥运筹对氮效率的影响

处理	氮收获指数 (%)	总吸 N 量 (kg/hm ²)	氮肥利用率 (%)	氮肥农学利用率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)	氮肥生理利用率 (kg/kg)
1.N0	72.5 ab	81.1 c	-	-	-	-
2.N180(1:0)	73.5 ab	135.5 b	30.2 b	21.0 c	26.1 a	92.86 a
3.N180(1:1)	74.6 a	142.5 b	34.1 b	25.6 b	24.5 a	97.48 a
4.N180(5:3:2)	73.3 ab	170.4 a	49.6 a	29.0 ab	25.1 a	79.28b
5.N180(2.5:3.5:2:2)	70.2 b	173.3 a	51.2 a	27.2 ab	29.3 a	78.05b
6.N180(5:3.5:1:0.5)	71.7 ab	177.0 a	53.2 a	30.1 a	30.8 a	79.68b

的结果与植株总吸氮量、氮肥利用率相反。

3 结论与讨论

3.1 氮肥运筹对水稻产量的影响

氮肥运筹技术不仅是水稻高产栽培技术的重要组成部分, 而且对稻田环境和产量形成有直接影响。Wopereis- Pura 认为在大量使用氮肥的情况下, 水稻生育中后期增加氮肥施用量, 能够提高水稻群体物质生产能力, 显著提高产量^[10], 万靛军的研究表明, 水稻产量主要是由生育前期施氮量决定的, 在水稻栽培过程中增加幼穗分化期的施氮量有助于产量提高^[11], 还有盛大海认为, 前氮后移, 既能满足水稻分蘖期对氮素的需要, 又可以有效地控制无效分蘖, 能够显著提高群体质量^[12]。从本研究的产量结果得出, 基肥与穗肥的比例为 5:3:2 的处理 4 产量最高, 增产幅度最大。与不施氮肥处理相比, 施氮各处理水稻产量均达到显著水平, 增产幅度为 1 529 kg/hm² (27.6%)~5 420 kg/hm² (97.8%), 说明氮肥对水稻产量有明显的增产效果。在施用等量氮肥的情况下, 几种氮肥不同运筹方式可显著地提高水稻产量, 其中一个原因是氮肥运筹增加了单位面积有效穗数和各个生育期的地上部干物重。看来只有在适宜的基肥以及分蘖肥用量, 保证获得适宜茎蘖数的基础上, 使土壤氮持续有效供应水稻的生长, 才能提高群体茎蘖成穗率。

3.2 氮肥运筹对水稻分蘖数的影响

水稻分蘖期重施氮肥的传统施肥方式, 增加了分蘖高峰期茎蘖数与齐穗期干物质产量, 但未增加子粒产量^[13]。在本研究的氮肥用量试验中, 与

不施氮肥相比, 氮肥可显著地提高水稻分蘖数和有效穗数, 分蘖数有随氮肥的增加而提高的趋势, 当施氮量达到 180 kg/hm² 分蘖数最高, 达到 31.3 个/穴, 然后呈下降的趋势。齐国峰和杜晓东研究认为, 有效分蘖临界期以后, 单穴茎蘖数受氮肥运筹的影响规律明显, 基肥施氮比例越大, 单穴茎蘖数越多^[14-15]。但是本研究结果表明, 不同氮肥运筹之间对于单穴的分蘖数没有显著影响。

3.3 合理的氮肥运筹对氮效率的影响

对于几种氮肥运筹的处理来看, 减少基肥、增加粒肥的增产效果并不很大。本文研究结果认为, 重视基肥, 减少穗肥, 适当增加穗肥的比例, 这与邹长明的结果一致, 前期控氮, 中期补施穗肥的方法, 由于抑制了无效分蘖, 促进了生殖生长, 因而穗大粒多, 产量高^[16]。陈平平的研究表明, 氮肥运筹方式对超级早稻氮利用效率具有显著影响, 氮肥利用率、氮素吸收效率、氮肥效率显著提高, 而氮生理效率、氮收获指数变化不明显^[17]。本文的研究与陈平平大致相同, 施用穗肥可显著提高氮素累积量、氮肥利用率、氮肥农学效率等, 而对氮生理效率结果相反, 对氮收获指数影响不显著。

参考文献:

- [1] 鲁艳红, 廖育林, 汤海涛, 等. 不同施氮量对水稻产量、氮素吸收及利用效率的影响 [J]. 农业现代化研究, 2010, 31(4): 479-483.
- [2] 凌后鸿, 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): 2457-2467.
- [3] 潘圣刚, 黄胜奇, 翟晶, 等. 氮肥用量与运筹对水稻氮素吸收转运及产量的影响 [J]. 土壤, 2012, 44(1): 23-29.

(下转第 31 页)

由图 4 可见, M_0 至 M_3 处理的土壤碱解氮含量分别为 30.05、32.07、33.15 和 34.09 mg/kg, 随着改良剂施用量的增加而增加, 说明 M_3 处理改良效果最好。

由图 5 可以看出, M_0 处理有效磷含量由 8.7

mg/kg 增加到 11.46 mg/kg, M_1 和 M_2 分别为 12.24 mg/kg 和 13.56 mg/kg。 M_3 处理最高, 为 18.65 mg/kg。说明各处理都能够增加土壤有效磷含量, 但大量使用 MM 改良剂效果显著, 因此, 可选用 M_3 处理。

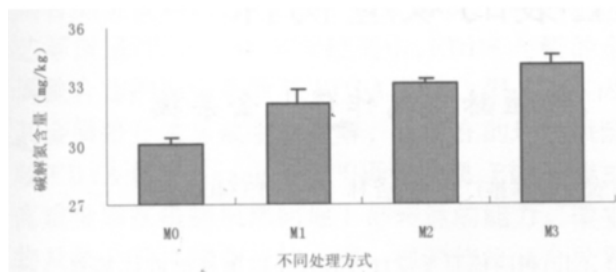


图 4 不同处理方式下的土壤碱解氮的含量(2011)

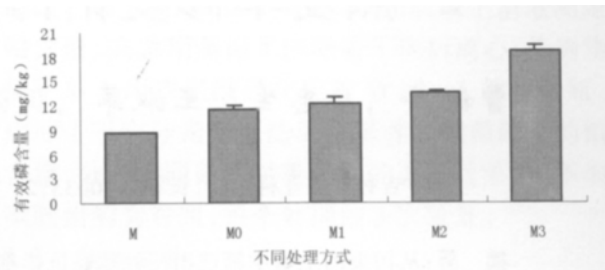


图 5 不同处理方式土壤有效磷的含量(2011)

3 结 论

施用 MM 改良剂能降低土壤 pH 值、电导率, 增加土壤有机质、碱解氮和有效磷的含量。随 MM 改良剂施用量增加, 土壤 pH 值略有下降。土壤电导率的变化规律与 pH 值相同, 但降幅明显。土壤有机质、碱解氮和有效磷含量都有所升高, 并且施用 30 t/hm² 改良剂的增加量最大。总体上看, 种植水稻 +30 t/hm² 改良剂的改良效果最好。

参考文献:

[1] 罗金明, 杨帆, 邓伟, 等. 苏打盐渍土的微域特征及土壤

表层积盐机理探讨——以吉林省大安地区嫩江古河道碱滩地为例[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 88-150.

[2] 刘伟杰, 窦森. ND 改良剂对苏打盐碱土改良效果和水稻生长的影响 [A]. 中国土壤学会第十一届二次理事扩大会议暨学术会议论文集[C], 2009.

[3] 王金满, 杨培岭, 白中科. CaSO₄ 改良苏打碱土的离子吸附交换过程分析与数值模拟 [J]. 水土保持学报, 2008, 22(1): 43-51.

[4] 迟春明, 王志春. 磷石膏改善苏打碱土理化性质效果分析[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2373-2375.

[5] 魏博微. 不同措施对大安市苏打碱土的改良效果及对植物生长的影响[D]. 吉林农业大学, 2011.

[6] 刘伟杰. 不同改良剂对苏打碱土改良效果与机理研究 [D]. 吉林农业大学, 2010.

(上接第 28 页)

[4] 刘立军, 王志琴, 桑大志, 等. 氮肥运筹对水稻产量及稻米品质的影响 [J]. 扬州大学学报 (农业与自然科学版), 2002, 23(3): 46-50.

[5] Moll R. H., Kamprath E. J., Jackson W. A. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization[J]. Agronomy Journal, 1982(74): 562-568.

[6] Gallais A., Hirel B. An approach of the genetics of nitrogen use efficiency in maize [J]. Journal of Experimental Botany, 2004(55): 295-306.

[7] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 915-924.

[8] 李刚平, 周鑫斌, 袁玲. 不同施肥模式对夏玉米产量和各器官 NPK 含量的影响[J]. 玉米科学, 2008, 16(6): 13-15.

[9] 赵萍萍, 王宏庭, 郭军玲, 等. 氮肥用量对夏玉米产量、收益、农学效率及氮肥利用率的影响 [J]. 山西农业科学, 2010, 38(11): 43-46, 80.

[10] Wopereis- Pura M M, Watanabe H, Moreira J, et al. Effect of late nitrogen application on rice yield, grain quality and

profitability in the Senegal River valley [J]. European Journal of Agronomy, 2002, 17(3): 191-198.

[11] 万靓军, 张洪程, 霍中洋, 等. 氮肥运筹对超级杂交粳稻产量、品质及氮素利用率的影响 [J]. 作物学报, 2007, 33(2): 175-182.

[12] 盛大海. 氮肥后移对水稻群体质量和产量的影响[D]. 东北农业大学, 2008.

[13] 朱勇生, 范晓辉. 稻田氮挥发研究进展 [J]. 生态环境, 2003, 12(2): 240-244.

[14] 齐国锋, 崔月峰, 李大伟, 等. 氮肥对北方超级稻茎蘖动态及产量的影响[J]. 现代农业科技, 2010(3): 43-45.

[15] 杜晓东, 赵宏伟, 刘化龙, 等. 不同氮肥运筹下寒地粳稻产量形成机理的研究[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(4): 483-486.

[16] 邹长明, 秦道珠, 陈福兴, 等. 水稻氮肥施用技术, 氮肥施用的适用时期与用量 [J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2000, 26(6): 467-470.

[17] 陈平平, 张小平, 吴小京, 等. 氮肥运筹对“陆两优 996”产量形成与氮利用效率的影响 [J]. 中国农学通报, 2011, 27(5): 238-242.