

氮肥运筹对寒地水稻生长及产量的影响

王丽妍¹, 杨成林¹, 徐惠风²

(1. 黑龙江省农垦总局建三江管理局大兴农场, 黑龙江 佳木斯 156303; 2. 吉林农业大学农学院, 长春 130118)

摘要: 氮肥运筹管理是水稻生长调控的重要因素之一, 试验以龙粳 31 为试验材料, 在总施氮量不变的情况下, 通过设置 4 种生育前后期不同比例的氮肥用量, 对比研究不同氮肥运筹比例对水稻生长、产量的影响。结果表明: 适当的前氮后移施肥方式(N₁处理: 基肥: 调节穗肥=6:4), 能减少无效分蘖提高分蘖率、增加水稻叶面积指数、叶绿素含量、促进干物质的积累, 从而提高水稻的产量。同时 N₁ 处理有效穗数、穗粒数、结实率和千粒重均较高, 所以产量高达 10.66 t/hm², 比 N₄ 处理高出 11.35%, 差异达显著水平, 促进水稻产量潜力的发挥。

关键词: 寒地; 水稻; 氮肥运筹; 生长; 产量

中图分类号: S511; S143.1

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2017)05-0015-05

Effects of Nitrogen Management on Rice Growth and Yield in Cold Region

WANG Liyan¹, YANG Chenglin¹, XU Huifeng²

(1. Daxing Farm, Jiansanjiang Branch, General Farming Acclamation Bureau of Heilongjiang, Jiamusi 156303; 2. Agricultural College, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: Nitrogen fertilizer management is one of the important factors in the rice cultural regulation. Using the rice cultivar 'Longjing 31' as experimental material, four different N applicant proportions at the early and late growth stages were carried out to understand the effects of N fertilizer management on rice yield. The results indicated that appropriate N application rates at late growth stage, for example, N₁ treatment(6:4), could reduce ineffective tillers, increase rice spike rate, increase leaf area index and chlorophyll content, promote biomass accumulation, which led to the high yield of rice. The effective ear number, grain number per spike, maturing rate and 1000-kernel weight of N₁ were higher. Yield of N₁ was 10.66 t/hm², which was 11.35% more than that of N₄ treatment. It was concluded that a optimized method of N fertilizer management could play an important role in the yield.

Key words: Cold region; Rice; Nitrogen management; Growth; Yield

水稻是世界上最重要的粮食作物之一, 近年来, 寒地水稻随着品种的改良及绿色水稻优质高产栽培技术措施的推广应用, 水稻单产、总产均有大幅度的提高, 但相应肥料的年用量迅速增加, 特别是氮肥施用量过多。据统计, 氮肥利用率仅有 20% 左右^[1], 同时还表现在施用时期不合理^[2-3]、水稻生长前期氮肥施用量过大等问题^[4]。此外, 长期过量施用氮肥已经造成自然环境的严重污染, 农业生态环境的严重恶化。因此, 开展水稻氮肥的科学管理, 对实现寒地水稻高产、高

效、优质、降污染及可持续发展具有重要意义^[5]。

大田氮肥运筹方式将对水稻生长产生深刻的影响, 这是由于水稻对不同生育期追施氮肥的吸收利用表现出较大的差异。寒地稻作中, 农民习惯施肥表现出前期氮肥用量过高, 后期氮肥明显不足的现象, 造成水稻群体质量下降, 氮肥利用率降低, 品质不佳, 这已成为制约寒地水稻产量进一步提高的关键问题。不少学者对水稻、玉米、小麦等粮食作物氮肥运筹问题进行了研究^[6-10], 同时对于氮肥的运筹比例, 不同研究结果有较大差异。为此本研究在前人研究的基础上, 在氮肥总量不变的情况下进行不同施用时期氮肥比例的处理, 研究氮肥运筹对寒地水稻生长及产量等方面的影响, 为寒地水稻合理施用氮肥提供理论依据。

收稿日期: 2017-06-05

基金项目: 吉林省科技厅重点攻关项目(201502004012NY、20130206072NY)

作者简介: 王丽妍(1984-), 女, 农艺师, 硕士, 主要从事水稻栽培研究。

1 试验地概况

试验于2014~2016年在黑龙江省农垦大兴农场科技园区水田区进行。试验田土质为草甸白浆土,有机质4.42%,碱解氮161.4 mg/kg,速效磷29.8 mg/kg,速效钾131.25 mg/kg,pH值6.3。前茬为水稻,秋翻。2014年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温2 784.5 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,无霜期156 d;2015年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温2 866.5 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,无霜期156 d;2016年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 有效积温2 869.2 $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$,无霜期161 d。

2 试验材料与方法

2.1 试验材料

供试作物和品种:龙粳31,主茎11叶水稻品种。

供试肥料:尿素(含氮46%)、磷酸二铵(含氮18%、含磷46%)、硫酸钾(含钾50%)。

2.2 试验设计与方法

水稻整个生长期共施氮(尿素)总量为165 kg/hm²、磷肥(磷酸二铵)用量为120 kg/hm²、钾肥(硫酸钾)用量为165 kg/hm²。磷肥作基肥一次性施用;钾肥分基肥和7.5叶龄(幼穗分化期)两次施用,两次施用比例为1:1。氮肥施用时期及施用量见表1。

试验共设5个处理:

N₁:基肥、蘖肥、调节肥、穗肥中氮肥施用比例为3:3:1:3,(基肥+蘖肥):(调节肥+穗肥)=6:4处理,其中调节肥11叶品种7.5叶期施用,穗肥11叶品种10叶期施用。

N₂:基肥、蘖肥、调节肥、穗肥中氮肥施用比例为3.5:3:1.5:2,(基肥+蘖肥):(调节肥+穗肥)=6.5:3.5处理,其中调节肥11叶品种7.5叶期施用,穗肥10叶期施用。

N₃:基肥、蘖肥、穗肥中氮肥施用比例为4:3:3,(基肥+蘖肥):穗肥=7:3.处理,其中穗肥11叶品种9.5叶期施用。

N₄:基肥、蘖肥、穗肥中氮肥施用比例为4.5:3.5:2,(基肥+蘖肥):穗肥=8:2处理,其中穗肥11叶品种9.5叶期施用。

CK(对照):整个生育期不施氮肥,磷肥、钾肥用量和时期和其他处理相同。

试验采取大田种植模式,插秧规格为30×12 cm,试验共设5个处理,3次重复,共15个小区,每小区面积60 m²,随机区组排列,小区间拉线划行作土埂,埂面及四周塑料薄膜包好,小区单排单灌。

表1 各处理氮肥用量及施氮时期

处理	基肥氮量	第1次追肥		第2次追肥		第3次追肥		总氮	总磷	总钾
		叶龄	氮量	叶龄	氮量	叶龄	氮量			
CK	0							0	120	165
N ₁	49.5	4.0	49.5	7.5	16.5	10.0	49.5	165	120	165
N ₂	57.8	4.0	49.5	7.5	24.7	10.0	33	165	120	165
N ₃	66	4.0	49.5	9.0	49.5			165	120	165
N ₄	74.2	4.0	57.8	9.0	33			165	120	165

2.3 试验栽培管理

试验小区4月10日播种,5月15日插秧,9月30日收获,插秧规格30 cm×12 cm,按照各处理要求人工施肥。田间管理按照建三江高产优质水稻生产标准规程进行。播种、插秧、取样、收获均在一天内完成。调查取样时,各试验小区同法、同时进行。

2.4 测定项目

2.4.1 分蘖成穗率

成穗率=(收获时茎蘖数/最高分蘖数)×100

2.4.2 干物质积累量

于分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期五点法取各处理植株分叶、茎鞘、穗各部分,置于105 $^{\circ}\text{C}$ 烘箱中杀青30 min,85 $^{\circ}\text{C}$ 烘干48 h,降至室温

分别称其干重。

2.4.3 叶面积指数

分别于分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期测定各处理植株。

2.4.4 叶绿素含量

分别于分蘖期、拔节期、抽穗期、灌浆期和成熟期测定各处理植株。叶绿素含量采用SPAD-502叶绿素仪测定。

2.4.5 产量

完熟期五点法取样进行产量及其构成因素的调查。

2.5 数据分析

所有数据均为3年、3次重复的平均值。采用DPS 7.05和SPSS 13.0软件对数据进行统计分析,

利用 Duncan 新复极差法进行差异显著性测验, 采用 Excel2003 绘图。

3 结果与分析

3.1 氮肥运筹对寒地水稻分蘖成穗率的影响

氮肥运筹调控对水稻成穗率的影响如图 1 所示, N_1 和 N_2 处理的成穗率均在 90% 以上, 其中 N_2 处理成穗率最高, 为 92.0%, 略高于 N_1 处理, N_1 处

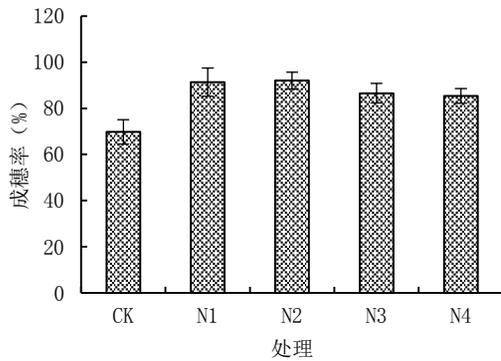


图 1 氮肥运筹对水稻成穗率的影响

3.2 氮肥运筹对水稻干物质积累的影响

氮肥运筹调控对干物质积累总量的影响结果见表 2, 不同处理和对照均随着生育期的进行, 水稻干物质显著提高。在幼穗分化期, 由于 N_4 处理前期施氮量高, 因此干物质积累量高于其他处理, 其中 N_4 、 N_3 处理显著大于 N_2 、 N_1 处理, 所有处理的干物质积累量极显著高于对照; 抽穗期、灌浆期和成熟期, N_1 处理干物质积累均高于对照和其他处理, 说明氮肥后移处理干物质积累量的增加主要是由于抽穗以后穗部干物质质量的增加; 其中抽穗期 N_1 处理干物质积累量比对照、 N_2 、 N_3 、 N_4

理为 91.3%; N_3 和 N_4 处理的分蘖成穗率分别为 86.5% 和 85.8%, 成穗率均在 85% 以上。而对照的成穗率仅为 69.8%, 所有处理与对照相比, 差异达到极显著水平, N_1 和 N_2 处理显著大于 N_3 和 N_4 处理, 差异达到显著水平。产量和成穗率相关分析如图 2 所示, 二者呈极显著正相关, 相关系数达 0.95, 回归方程为 $y=0.1802x-6.0415$ 。表明成穗率越高, 产量呈现不同程度的提高。

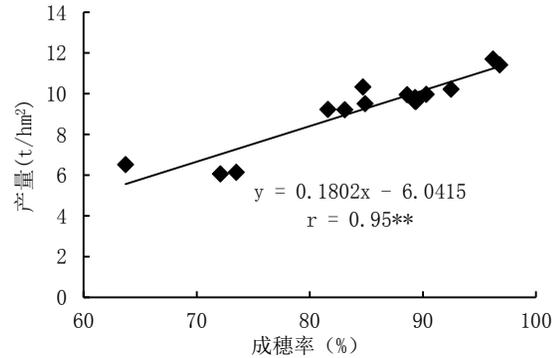


图 2 成穗率与产量的相关性

处理分别增加了 36.90% 和 0.72%、2.36%、6.27%, 各处理间差异均未达到显著水平, 各处理和对照差异达到极显著水平; 灌浆期 N_1 处理干物质积累量比对照、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理分别增加了 38.23% 和 3.11%、8.24%、12.59%, 各处理间差异均未达到显著水平, 各处理和对照差异达到极显著水平; 此期各处理和 N_1 处理间差异增大; 成熟期 N_1 处理干物质积累量比对照、 N_2 、 N_3 、 N_4 处理分别增加 36.16% 和 2.87%、6.01%、7.51%, N_1 处理显著大于 N_4 处理, 各处理和对照差异达到极显著水平。

表 2 氮肥运筹对水稻干物质积累的影响

t/hm²

处理	生育期			
	幼穗分化期	抽穗期	灌浆期	成熟期
CK	0.45±0.16bB	6.14±0.57bB	7.95±2.75bB	9.78±0.78cB
N_1	0.66±0.06bA	9.73±0.14aA	12.87±2.16aA	15.32±0.48aA
N_2	0.78±0.01bA	9.66±0.15aA	12.47±1.57aA	14.88±0.29abA
N_3	0.97±0.10aA	9.50±0.29aA	11.81±2.87aA	14.40±0.17abA
N_4	1.05±0.08aA	9.12±0.23aA	11.25±3.75aA	14.17±0.62bA

注: 表中数据为 3 次重复平均值±标准差。同列中的不同大、小写字母分别表示处理间差异在 0.01 和 0.05 水平上显著, 下同

3.3 氮肥运筹对寒地水稻叶面积指数(LAI)的影响

由图 3 可知, 氮肥运筹调控下寒地水稻各处理水平叶面积指数均呈先增后降的单峰曲线, 在抽穗期达到最大。在 4 个生育时期, 对照叶面积

指数均低于其他处理, 差异均达到极显著水平。说明水稻叶面积指数大小与氮肥的施用密切相关。在幼穗分化期, 水稻叶面积指数表现为 N_4 处理略高于其他各处理; 抽穗期, N_1 处理叶面积指数 7.94, 较 N_4 处理叶面积指数 7.24 高 8.8%, 差异

达显著水平;成熟期, N_1 处理叶面积指数 5.69, 较 N_4 处理叶面积指数 5.12 高 10.0%, 差异达显著水平。

产量和抽穗期叶面积指数相关分析如图 4 所

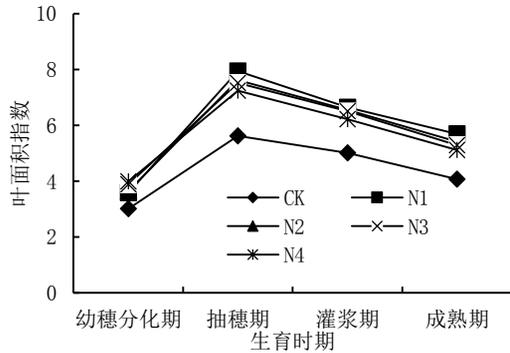


图3 氮肥运筹对水稻叶面积指数变化的影响

示,二者呈二次曲线关系,相关系数 0.82**, 回归方程为: $y = -0.6811x^2 + 10.952x - 33.806$, 达到极显著水平。说明叶面积指数必须控制在一定范围内, 水稻才能获得高产。

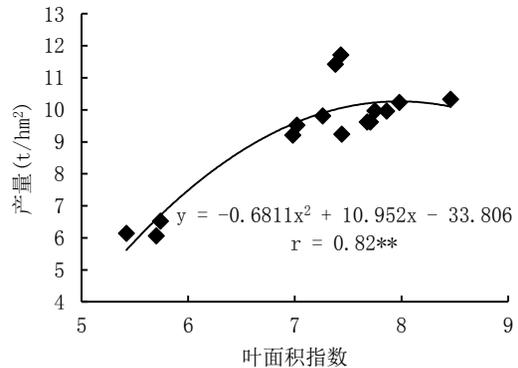


图4 抽穗期叶面积指数与产量的相关性

3.4 氮肥运筹对寒地水稻叶片叶绿素含量 (SPAD) 的影响

各处理 SPAD 值见表 3。由表 3 可知, 在同一处理下, 除 N_4 处理外, 其他处理生育前期叶片 SPAD 值低, 之后逐渐增加, 且各处理均在抽穗期达最大值, 随后又开始下降。除对照外, 各处理叶片 SPAD 值变化不明显。在幼穗分化期, N_4 处

理 SPAD 值最高, N_3 、 N_2 、 N_1 依次递减, 差异均未达到显著水平; 在抽穗期, N_4 叶片 SPAD 值最高, N_2 、 N_3 次之, 差异均未达到显著水平; 灌浆期和成熟期叶片 SPAD 值均表现为 $N_1 > N_2 > N_3 > N_4$, 差异均未达到显著水平; 幼穗分化期和灌浆期对照显著低于其他处理水平; 成熟期对照极显著低于其他处理水平。

表3 氮肥运筹下水稻叶片 SPAD 值

处理	叶绿素含量 (SPAD)			
	幼穗分化期	抽穗期	灌浆期	成熟期
CK	37.81±1.69bA	40.26±1.63aA	40.08±2.72bA	34.14±2.11bB
N_1	45.63±1.36aA	47.03±2.33aA	46.83±1.33aA	43.98±1.39aA
N_2	46.17±2.89aA	47.96±1.03aA	46.53±2.35aA	43.81±1.87aA
N_3	46.69±1.02aA	47.36±1.69aA	46.23±1.43aA	43.36±2.96aA
N_4	48.92±2.62aA	48.31±2.76aA	45.91±2.38aA	42.83±1.12aA

3.5 氮肥运筹对寒地水稻产量及产量构成因素的影响

氮肥运筹调控对水稻产量构成因素及产量的影响如表 4 所示, 各处理的有效穗数表现为 $N_1 > N_2 > N_4 > N_3$, 但各处理间差异均未达显著水平, 各处理的有效穗数极显著高于对照; N_1 和 N_2 处理的每穗粒数显著高于 N_3 处理和 N_4 处理, 极显著高于对照, 其中 N_1 处理的每穗粒数最高, 比 N_3 处理高 4.89%, 比 N_4 处理高 6.46%。 N_1 、 N_2 处理之间差异未达显著水平, N_4 和 N_3 处理之间差异也未达显著水平; N_2 处理结实率最大, 达 92.6%, N_1 次之; N_4 处理结实率最低, 为 91.5%, N_2 处理的结实率比 N_4 处理高出 1.1 个百分点, 各处理及对照之间差异均未

达到显著水平; N_1 处理的千粒重最大, 达 25.37 g, 比处理中千粒重最小的 N_4 高出 0.72 g, 比对照高出 1.61 g。各处理之间差异未达显著水平, 各处理显著高于对照。产量是单位面积的有效穗数、每穗粒数、结实率和千粒重四项构成因素的综合表现, 各处理产量表现为 $N_1 > N_2 > N_3 > N_4$; 与 N_4 处理相比, N_1 处理有效穗数、穗粒数、千粒重均较高, 所以产量高达 10.66 t/hm², 比 N_4 处理高出 11.35%, 差异达显著水平; 与 N_4 处理相比, N_2 处理产量达 10.43 t/hm², 比 N_4 处理高出 9.40%, 差异达显著水平; N_3 处理和 N_4 处理产量未到显著水平, 各处理均极显著高于对照。

表4 氮肥运筹对水稻产量及其构成因素的影响

处理	有效穗数($\times 10^4/\text{hm}^2$)	每穗粒数	结实率(%)	千粒重(g)	产量(t/hm^2)
CK	423 \pm 14.6bB	70.6 \pm 4.9cB	89.1 \pm 6.3aA	23.76 \pm 2.8bA	6.24 \pm 0.3cB
N ₁	517 \pm 11.9aA	89.8 \pm 5.1aA	92.2 \pm 3.3aA	25.37 \pm 2.3aA	10.66 \pm 0.6aA
N ₂	512 \pm 21.2aA	89.5 \pm 4.4aA	92.6 \pm 3.3aA	24.96 \pm 0.9aA	10.43 \pm 1.2aA
N ₃	498 \pm 13.5aA	85.4 \pm 3.7bA	91.9 \pm 6.4aA	24.96 \pm 1.7aA	9.67 \pm 0.5abA
N ₄	504 \pm 20.3aA	84.0 \pm 5.1bA	91.5 \pm 7.8aA	24.65 \pm 1.6aA	9.45 \pm 0.2bA

4 结论与讨论

凌启鸿等^[11-12]指出,群体的茎蘖成穗率是水稻群体质量的重要指标,当成穗率达到80%以上,在此基础上群体的各项指标均可以全面优化,实现高产稳产。本试验结果表明:产量和成穗率呈极显著正相关,N₁和N₂处理的成穗率均在90%以上;水稻干物质生产是形成产量的基础和先决条件,抽穗期、灌浆期和成熟期,N₁处理干物质积累均高于对照和其他处理,说明前氮后移养分管理能够提高寒地水稻抽穗后物质积累。在一定范围内,作物产量也随着LAI的增大而提高,而氮肥运筹是提高叶面积指数的一个重要方式,本试验结果表明:抽穗期至成熟期,N₁处理叶面积指数均显著大于N₄处理和对照,说明氮肥后移处理在后期施用的比例,在中后期加强氮肥的供应,减少脱肥现象的出现,使得水稻有更多的营养用于从源到库的转化。水稻叶片SPAD值能够较好地反映了植株叶绿素含量和单株产量水平,生育后期(灌浆期和成熟期)叶片SPAD值均表现为N₁>N₂>N₃>N₄,后期增加氮肥供应能够延缓叶片叶绿素降解,保证了水稻功能叶片在灌浆期的光合同化能力,从而获得高产。

本试验通过氮肥的分期调控,结果表明:基肥、蘖肥、调节肥、穗肥中氮肥施用比例为3:3:1:3,(基肥+蘖肥):(调节肥+穗肥)=6:4的氮肥运筹模式具有较大的增产优势,发挥了平衡施肥的作用。氮肥后移的模式既能满足水稻分蘖期和减数分裂期对氮素的需要,增加了分蘖数,又可以有效地控制无效分蘖的发生,提高分蘖成穗率,增加灌浆期叶片叶绿素含量,增大后期高光效叶面积,改善群体质量,加大水稻抽穗后干物质积

累,促进大穗的形成,提高穗粒数、结实率和千粒重,为高产稳产奠定基础。所以在水稻的栽培管理上,尤其是水肥管理上,应在掌握不同水稻品种生长及需肥特性的基础上,重视肥料调控措施的科学应用,才能达到水稻高产的目的。

参考文献:

- [1] 乔云发,罗盛国,韩晓增,等.有机-矿质复合材料控释尿素在水稻上的应用[J].农业系统科学与综合研究,2004,20(2):136-138.
- [2] 苗淑杰,罗盛国,姜佰文,等.减氮处理对水稻根系氧化力和产量的影响[J].东北农业大学学报,2004,35(5):522-525.
- [3] 孙淑红.黑龙江省水稻生产与科研现状[J].中国农学通报,2004,20(1):233-235.
- [4] 张 矢.黑龙江水稻[M].哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1998:36-48.
- [5] 范立春,彭显龙,刘元英,等.寒地水稻实地氮肥管理的研究与应用[J].中国农业科学,2005,38(9):1761-1766.
- [6] 谭中和,蓝泰源.氮素供应时期对杂交中稻产量因素形成的影响[J].四川农业科技,1981(2):52-55.
- [7] 丁艳锋,刘胜环,王绍华.氮素基、蘖肥用量对水稻氮素吸收与利用的影响[J].作物学报,2004,30(8):762-767.
- [8] 王维金.关于不同籼稻品种和施肥时期稻株对N的吸收及其分配的研究[J].作物学报,1994,20(4):169-172.
- [9] 李 忠,陈 军,林世圣,等.氮肥运筹比例对水稻生长及产量的影响[J].福建农业学报,2011,26(4):557-561.
- [10] 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(农业与生命科学版),2002,23(3):46-50.
- [11] 凌启鸿.作物群体质量[M].北京:科学技术出版社,2000:96-105.
- [12] 凌启鸿,苏祖芳,张海泉.水稻成穗率与群体质量的关系及其影响因素的研究[J].作物学报,1995,21(4):463-469.

(责任编辑:王 昱)