

氮肥减量后移对超级稻吉粳 88 氮素利用效率及产量的影响

马巍, 齐春艳, 刘亮, 刘晓亮, 郭晞明, 隋鹏举, 付胜, 侯立刚*

(吉林省农业科学院水稻研究所, 吉林 公主岭 136100)

摘要:为明确减氮后移对超级稻吉粳 88 氮素吸收利用规律和转运特性, 优化吉林省水稻高产高效合理氮肥施用技术, 以吉粳 88 为供试材料, 采用田间试验, 通过设置不同氮肥减量后移处理, 测定氮肥减量后移对吉粳 88 氮素吸收利用率及产量的变化情况。结果表明, 氮肥减量后移比常规施氮增产 -0.78%~7.5%; 适量氮肥减量后移可促进吉粳 88 中后期的氮素总积累量, 降低茎鞘和叶片氮素转运率, 提高氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮肥偏生产力。综合考虑各因素, 以施纯氮 141.31 kg/hm², 补肥和穗肥施氮时间分别比传统施肥时间后移 13 d 和 9 d 施氮方式效果最佳, 最高产量达到 11 t/hm²。

关键词:水稻; 氮肥; 氮素吸收利用率; 产量

中国分类号: S511

文献标识码: A

文章编号: 1003-8701(2016)01-0023-05

Effects of Postponing and Decreasing Nitrogen Application on Nitrogen Use Efficiency and Yield of Super Rice 'Jijing 88'

MA Wei, Qi Chunyan, LIU Liang, LIU Xiaoliang, GUO Ximing, SUI Pengju, Fu Sheng, HOU Ligang*

(Rice Research Institute, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Gongzhuling 136100, China)

Abstract: In order to ascertain the effects of postponing and decreasing nitrogen application on nitrogen use regulation and transportation character of super rice 'Jijing 88', field experiments with different treatments were conducted in the study to investigate the effects of postponing nitrogen application on nitrogen use efficiency and yield of super rice 'Jijing 88'. The results showed that yield was increased by -0.78%~7.5% by postponing and decreasing nitrogen application. It was indicated that total nitrogen absorption and accumulation of super-rice 'Jijing 88' at mid- to late stage increased by properly postponed and cut down nitrogen application, nitrogen translocation rate in stem, sheath and leaf decreased, so the nitrogen use efficiency, agronomic efficiency and partial factor productivity were raised. All the influence factors considered, the best nitrogen fertilizer use efficiency were obtained by applying 141.31 kg/hm² and topdressing and earing fertilizer applied 13 d and 9 d later. The highest yield was 11 t/hm².

Key words: Rice; Nitrogen fertilizer; Nitrogen use efficiency; Yield

吉林省是我国东北地区主要的粳稻生产基地。2011 年吉林省水稻播种面积为 69.1 万 hm², 约占全国水稻播种面积的 2.3%, 占东北粳稻播种面积的 16.1%^[1]。近年来, 随着全国水稻种植面积的不断减少, 吉林省水稻种植面积不断扩大, 其

在我国粮食生产中所占的比重日趋增大^[2]。因此, 提高吉林省水稻产量对保证我国未来粮食安全起到至关重要的作用。

氮肥施用是提高水稻产量的重要措施之一。近年来, 为了达到水稻高产, 大多数农民还是按习惯、凭经验施肥, 尤其是过量增施氮肥, 不仅影响水稻高产潜力的发挥, 而且还造成了氮肥大量流失, 氮肥利用率降低, 加重了环境污染, 增加了生产成本^[3-7]。已有研究表明氮素显著影响水稻产量的形成, 适量施用氮肥对提高水稻产量和氮肥利用率、减轻环境污染具有非常重要的意义^[8]。目前, 前人主要就在施氮总量不变条件下前氮后移对水稻产量、品质、光合特性以及氮肥利用效

收稿日期: 2015-09-12

基金项目: 国家现代农业产业技术体系(CARS-01-04A); 科技部粮丰工程项目(2012BAD04B02); 现代农业(水稻)产业体系(2011-2015); 公益性行业(农业)科研专项(201503118)

作者简介: 马巍(1984-), 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事水稻高产栽培技术研究。

通讯作者: 侯立刚, 男, 博士, 研究员, E-mail: houligang888@163.com

率的影响进行深入研究^[3-4,9]。但对氮肥减量后移对水稻产量和氮素利用率的研究还未见报道。针对目前吉林省水稻生产中盲目过量施用氮肥和施肥时期过早等问题,本文以吉林省超级稻品种吉粳88为材料,通过比较氮肥减量后移对超级稻产量和氮素利用率的影响,以期为合理施用氮肥,实现高产、高效水稻生产提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地点概况

试验地位于吉林省公主岭市南崴子镇,该地区年平均气温5.9℃,7月份平均气温23.2℃,5~9月份年积温2965℃·d左右。全年平均日照时数2743 h,年均降水量600 mm,无霜期140 d。试验地常年种植水稻,土壤类型为黑土,0~20 cm的耕层土壤pH7.11,有机质含量为37.03 g/kg,全氮含量为1.97 g/kg,碱解氮含量为170.28 mg/kg,速效磷含量为69.57 mg/kg,速效钾70.12 mg/kg。

1.2 试验设计

试验于2014年在吉林省农业科学院水稻研

究所试验基地进行,选用吉林省主栽超级稻品种吉粳88为供试品种。采用旱育秧,4月15日播种,5月21日移栽,栽插株行距为30 cm×16 cm,单本插。试验共设置6个处理,分别为N0(不施用氮肥)、N1(传统施氮肥,纯氮166.25 kg/hm²)、N2(施氮总量不变,纯氮166.25 kg/hm²)、N3(氮施用总量减少10%,纯氮149.63 kg/hm²)、N4(氮施用总量减少15%,纯氮141.31 kg/hm²)、N5(氮施用总量减少20%,纯氮133.00 kg/hm²),N1~N5氮肥施用比例均按照基肥:补肥:穗肥=4:3:3,其中N2~N5基肥施用时间与传统相同,补肥和穗肥施氮肥时间分别比传统施肥时间后移13 d和9 d(见表1)。试验供试氮肥为尿素,磷肥和钾肥各处理施用量相同,其中磷肥作为基肥于插秧前一次性施入,施入总量为P₂O₅ 75 kg/hm²;钾肥分两次施入,基肥和穗肥各施入50%,施入总量为K₂O 100 kg/hm²,试验采用随机区组设计,每个处理重复3次,共18个小区,每个小区面积为50 m²。田间管理参照《吉林省吉粳88生产标准》实施。

表1 各试验处理氮施用量及施用时间

处理	氮施用量 (kg/hm ²)	基肥		补肥		穗肥	
		氮施用量 (kg/hm ²)	施用时间 (月/日)	氮施用量 (kg/hm ²)	施用时间 (月/日)	氮施用量 (kg/hm ²)	施用时间 (月/日)
N0	0	0	-	0	-	0	-
N1	166.25	66.49	5/20	49.88	5/30	49.88	7/1
N2	166.25	66.49	5/20	49.88	6/12	49.88	7/10
N3	149.63	59.85	5/20	44.89	6/12	44.89	7/10
N4	141.31	56.52	5/20	42.39	6/12	42.39	7/10
N5	133.00	53.20	5/20	39.90	6/12	39.90	7/10

1.3 测定项目

1.3.1 土壤基本理化性质测定

试验地在整地前,采用S形布点取0~20 cm的耕层土壤样品,基本混合后用外加热法测定土壤有机质,用碱解扩散法测定土壤碱解氮,用钼蓝比色法测定土壤速效磷,用火焰光度法测定土壤速效钾^[10]。

1.3.2 植株氮积累量测定

采用浓H₂SO₄-H₂O₂消煮,用连续流动分析仪测定植株氮积累量。

1.3.3 植株氮素吸收利用有关指标计算方法

氮素转运率(N translocation rate, NTR)=(抽穗期氮素积累量-成熟期氮素积累量)/抽穗期氮

素积累量

氮肥吸收利用率(N use efficiency, NUE)=(施氮肥区作物氮素积累量-不施氮肥区氮素积累量)/施用氮肥总氮量

氮肥农学利用率(Agronomic efficiency, AE)=(施氮肥区作物产量-不施氮肥区产量)/施用氮肥总氮量

氮肥偏生产力(Partial factor productivity of applied N, PFP)=施氮区产量/施氮量

1.3.4 产量及其构成因素的测定

成熟期每个小区取30穴调查有效穗数,按照有效穗数的平均值随机选取与平均有效穗数相同或相近的6穴进行考种,分析产量构成因素。同

时每个小区分别收获4 m²,脱粒风干后换算成标准含水量计算实际产量。

1.4 数据分析

数据采用 SPASS 17.0 分析软件进行方差分析,采用 Excel 2013 软件进行作图。

2 结果与分析

2.1 氮肥减量后移对超级稻氮素积累与分配的影响

由表2可以看出,随着吉粳88生育进程的变化,氮素分配中心发生明显变化。分蘖期至抽穗期,叶片是主要的氮素分配中心。抽穗期以后,随着穗的生长发育,茎鞘和叶片中氮的分配比例逐渐下降,氮素分配中心由叶转向穗。分蘖期,N1和N2处理相比较(相同施氮肥总量,不同施氮

肥时间),N1处理的氮素总积累量略高于N2处理,且差异不显著;N2~N5相比较(相同施氮肥时间,不同施氮肥总量),氮素总积累量随着氮肥施用总量的降低而降低。在抽穗和成熟期,N1和N2处理相比较,N2处理氮素总积累量分别比N1处理高0.67 kg/hm²和3.29 kg/hm²;而N2~N5处理相比较,氮素总积累量随着氮肥施用总量的降低呈先增后降变化趋势,当施氮肥总量为141.31 kg/hm²时,氮素总积累量最高,分别为98.20 kg/hm²和167.38 kg/hm²,说明施氮量过多或过少均不利于吉粳88氮素的积累。而从吉粳88不同生育阶段的氮素积累量来看,分蘖期氮素积累量占整个生育期总积累量的14.81%~17.30%,抽穗期氮素积累量占整个生育期总积累量的56.02%~62.68%,成熟期氮素积累量占20.02%~29.17%。

表2 氮肥减量后移对超级稻吉粳88氮素积累量的影响

kg/hm²

生育期	处理	各器官氮素积累量			总积累量
		茎鞘	叶	穗	
分蘖期	N0	5.64d	13.35c	-	18.98d
	N1	8.85a	17.81a	-	26.66a
	N2	8.90a	17.31a	-	26.28a
	N3	8.04b	16.80ab	-	24.84b
	N4	7.89b	16.88ab	-	24.77b
	N5	7.31c	16.03b	-	23.34c
抽穗期	N0	31.02d	38.69c	8.68c	78.39d
	N1	35.39c	42.55b	9.84bc	87.78c
	N2	34.67c	43.87b	9.91b	88.45c
	N3	38.64ab	43.22b	10.13ab	91.99b
	N4	39.73a	47.34a	11.13a	98.20a
	N5	36.72bc	39.21c	9.75bc	85.68c
成熟期	N0	17.33d	10.62d	70.09d	98.04d
	N1	27.07c	16.47bc	110.59bc	154.13bc
	N2	26.89c	17.11b	113.42ab	157.42b
	N3	30.31b	17.73b	116.17a	164.20a
	N4	31.91a	19.62a	115.85a	167.38a
	N5	27.96c	15.12c	108.08c	151.16c

注:同一列中不同小写字母表示差异达到5%显著水平,下同

由图1可知,抽穗期至成熟期,N1和N2处理相比较,吉粳88 N2处理茎鞘和叶的转运率比N1分别下降了0.73%和0.47%,而氮素积累量却维持较高水平,说明氮肥后移可降低吉粳88茎鞘和叶片氮素的转运率,维持茎鞘和叶中较高的氮素积

累,利于物质的合成;而N2~N5处理相比较,随着施氮总量的降低,茎鞘和叶的转运率的变化趋势与氮素总积累量的变化趋势相同。说明氮肥后移后施用氮肥不宜过多,适量减少氮肥施用更有利于吉粳88物质积累,从而提高产量。

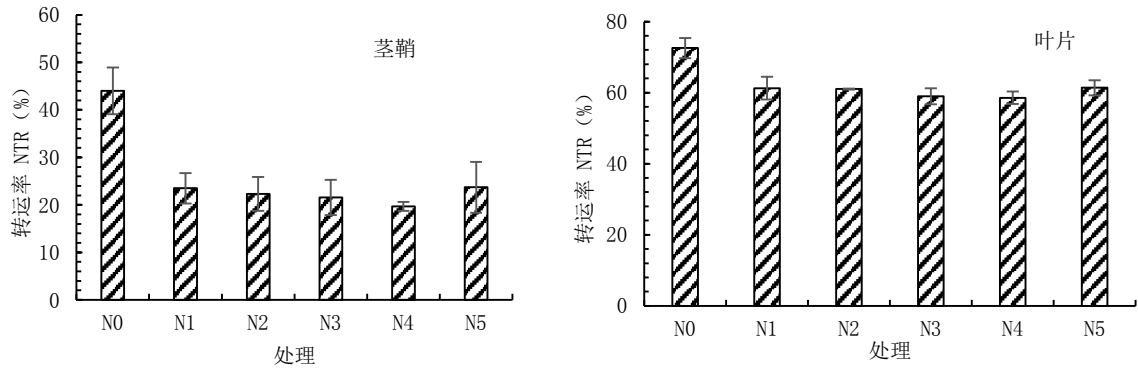


图1 氮肥减量后移对超级稻吉粳88出穗至成熟期茎鞘和叶氮素转运量的影响

2.2 氮肥减量后移对超级稻氮素利用效率的影响

由表3可以看出,N1和N2处理相比较,吉粳88 N2的氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮

表3 氮肥减量后移对超级稻吉粳88氮素利用率的影响

处理	氮肥吸收利用率 (%)	氮肥农学利用率 (kg/kg)	氮肥偏生产力 (kg/kg)
N0	-	-	-
N1	33.74d	17.29b	61.50c
N2	35.71d	20.45ab	64.66c
N3	44.22b	24.06ab	73.18b
N4	49.07a	25.83a	77.84a
N5	39.94c	21.05ab	76.32ab

肥偏生产力均高于N1。N2~N5处理相比较,随着氮肥施用总量的减少,吉粳88氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮肥偏生产力均呈先增后降的

变化趋势,且氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮肥偏生产力均高于N2处理,其中N4处理氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮肥偏生产力最高,分别为29.94%、25.83 kg/kg和77.84 kg/kg,与传统施肥方式N1相比较,分别提升15.33%、49.4%和26.6%,说明适量氮肥减量后移可提高氮肥吸收利用率、氮肥农学利用率和氮肥偏生产力。

2.3 氮肥减量后移对超级稻产量及其构成因素的影响

由表4可知,吉粳88施氮N1~N5处理实收产量显著高于未施氮N0处理。N1和N2处理相比较,N2处理比N1增产5.1%。N2~N5处理相比较,随着氮肥施用总量的减少,吉粳88实收产量呈先增后降的变化趋势。其中N4处理实收产量最高(11 t/hm²),比N2处理增产2.3%。从产量构成因素来看,适当氮肥减量后移主要通过增加颖花数和千粒重,从而提高每穗粒数和粒重,进而增加产量。

表4 氮肥减量后移对超级稻吉粳88产量及其构成因素的影响

处理	穗数(×10 ⁵ /hm ²)	每穗粒数	结实率(%)	千粒重(g)	实际产量(t/hm ²)
N0	33.33a	104.54b	95.85a	21.33b	7.35d
N1	39.33a	106.92ab	93.96a	21.17b	10.23bc
N2	34.00a	124.47ab	96.25a	22.00ab	10.75ab
N3	36.67a	134.54ab	92.02a	21.33b	10.95a
N4	33.33a	140.36a	97.46a	23.00a	11.00a
N5	37.33a	132.85ab	96.67a	21.83b	10.15c

3 讨论

氮素是农业生产中投入最多的养分元素,其对水稻生产的影响仅次于水。已有研究表明我国主要稻区每公顷产7500 kg稻谷需氮112.5 kg~187.5 kg^[11]。同其他作物一样,氮素过多或不足均不利于水稻产量的形成。因此,了解水稻氮素吸

收积累特性是合理施用氮肥,减少氮素损失,提高氮肥利用率,充分发挥氮肥增产效应的重要依据^[8]。曹洪生等^[12]研究结果表明,水稻分蘖期吸氮量最多,其次是孕穗期,灌浆结实期吸氮量最低。而王秀芹等^[13]则认为拔节至抽穗期为水稻的吸氮高峰期,此时期的吸氮量占全生育期总吸氮量的34.19%~47.82%。本研究结果表明氮素积累量为

出穗期最高,次则成熟期(灌浆结实期),分蘖期最低。补肥和穗肥施氮肥时间分别比传统施肥时间后移13 d和9 d,基本符合吉粳88氮素吸收积累特性,有助于提高水稻植株中、后期氮素积累量。而适量减氮后移更有利于降低茎鞘和叶片的氮素转运率,维持茎鞘和叶片中较高的氮素积累,防止叶片过早衰老,促进根系的吸收养分和合成能力,避免“奢侈”耗氮现象的发生。

作物产量形成对氮素的需要具有一定的范围,当过量施氮会造成氮肥利用效率降低和环境污染^[7,15]。本研究结果表明以N4处理(施纯氮141.31 kg/hm²,补肥和穗肥施氮肥时间分别比传统施肥时间后移13 d和9 d)施肥方式氮肥吸收利用率、农学效率和氮肥偏生产力均最高,分别比常规施氮N1处理提高15.33%、8.54 kg/kg和16.34 kg/kg。从产量及其构成因素来看,适当氮肥减量后移增加产量主要是通过提高每穗粒数和千粒重,尤其以N4处理施肥方式提升幅度最大,比常规施氮N1处理增产7.5%。可见,适当氮肥减量后移可在确保水稻较高产量的前提下,既可节约氮肥用量,减轻环境污染,又可保证土壤对水稻充足的养分供应,是实现吉林省水稻超高产的重要技术之一。

4 结 论

吉粳88分蘖期氮素积累量占整个生育期总积累量的14.81%~17.30%,而抽穗期氮素积累量则占整个生育期总积累量的56.02%~62.86%,适当氮肥减量后移可提升吉粳88生育后期对氮素的吸收利用率、氮肥农学利用率、氮肥偏生产力,降低茎鞘和叶片氮素转运率,维持茎鞘和叶片中较高氮素积累,进而提高产量。综合考虑各因素,吉粳88施纯氮141.31 kg/hm²,补肥和穗肥施氮肥时间分别比传统施肥时间后移13 d和9 d,比例按照基肥:补肥:穗肥=4:3:3施用增产效果最佳。

参考文献:

- [1] 吉林省统计局.吉林统计年鉴2011[M].北京:中国统计出版社,2011:5.
- [2] 孙 强,张三元,张俊国,等.吉林省稻米产业现状及展望[J].北方水稻,2011,41(3):70-72.
- [3] 孙国才,崔月峰,卢铁钢,等.氮肥用量及前氮后移模式对水稻产量及品质的影响[J].中国稻米,2012,18(5):49-52.
- [4] 陈丽楠.前氮后移对寒地水稻光合特性和氮效率的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [5] 高 辉,张洪程,戴其根,等.不同土种土壤氮素等养分与水稻基础产量的关系[J].扬州大学学报(农业与生命科学版),2007,28(1):49-53.
- [6] 朱兆良.稻田土壤中氮素的转化与氮肥的合理施用[J].化学通报,1994(9):15-18.
- [7] Ghosh B C, et al. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields[J].Environmental Pollution, 1998(102): 123-126.
- [8] 叶全宝,张洪程,魏海燕,等.不同土壤及氮肥条件下水稻氮利用效率和增产效应研究[J].作物学报,2005,31(11):1422-1428.
- [9] 崔月峰,孙国才,王桂燕,等.不同施氮水平和前氮后移措施对水稻产量及氮素利用率的影响[J].江苏农业科学,2013,41(4):66-69.
- [10] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:86-91.
- [11] 朱兆良,张福锁,等.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究[M].北京:科学技术出版社,2010:56.
- [12] 曹洪生,黄丕生,缪宝山,等.两种类型中粳稻吸氮分析及施肥技术研究[J].苏州科技学院学报(社会科学版),1992,9(S1):35-41.
- [13] 王秀芹,张洪程,黄银忠,等.施氮量对不同类型水稻品种吸氮特性及氮肥利用率的影响[J].上海交通大学学报(农业科学版),2003,21(4):325-330.
- [14] Wang D J, Liu Q, Lin J H, et al. Optimum nitrogen use and reduced nitrogen loss for production of rice and wheat in the Yangse Delta region[J].Environ Geochem and Health, 2004(26): 221-227.
- [15] 王 蒙,赵兰坡,王立春,等.氮素运筹对吉林超高产水稻的产量及氮效率的研究[J].吉林农业科学,2012,37(6):25-28,31.

(责任编辑:姜晓莉)