

文章编号:1003-8701(2014)05-0048-05

辽北地区水稻产量及氮素利用率对氮素调控的响应

崔月峰,卢铁钢*,孙国才

(铁岭市农业科学院,辽宁 铁岭 112616)

摘要:以辽北地区水稻品种铁粳9号为试材,分析了水稻产量及氮素利用率对氮素调控的响应。结果表明:同一基肥穗肥比例下,随施氮量增加,有效穗数增加,千粒重降低,总吸氮量提高,氮素生理利用率和氮素收获指数降低,氮素回收率以中氮水平居高;同一施氮量下,前氮后移有利于提高有效穗数、千粒重和产量,总吸氮量、氮素回收率和氮素收获指数增加,氮素生理利用率降低;施氮量 210 kg/hm²、基肥 穗肥 为 4 3 3 是最佳氮素调控模式,其产量达到最高为 9494.8 kg/hm²,较其他施氮处理提高 0.6% ~ 10.6%;适宜施氮量和前氮后移,能够协调产量构成因素,增加产量,提高氮素利用效率,降本增效。

关键词:辽北;水稻;产量;氮素利用率;氮素调控

中图分类号:S511.062

文献标识码:A

Yield Formation and Nitrogen Use Efficiency of Rice in Northern Liaoning Province and Its Responses to Nitrogen Regulation

CUI Yue-feng, LU Tie-gang*, SUN Guo-cai

(Tieling Academy of Agricultural Sciences, Tieling 112616, China)

Abstract: Using Tiejing 9 as experimental materials, the yield formation and nitrogen use efficiency and its responses to nitrogen regulation in northern Liaoning Province were studied. The results showed that while the same ratio for basic, tiller and ear fertilizer, as amount of nitrogen increased, the effective panicle number and total nitrogen content increased, 1000-grain weight and nitrogen physiological efficiency and harvest index decreased, nitrogen recovery rate was higher in middle nitrogen. In same nitrogen rate, the effective panicle number, 1000-grain weight, yield, total nitrogen uptake, nitrogen recovery and harvest index increased, nitrogen physiological efficiency decreased as the application of nitrogen delayed. Nitrogen application 210 kg/hm² and the ratio 4 3 3 for basic, tiller and ear fertilizer was the best nitrogen regulation mode, and the yield increased by 0.6% ~ 10.6% compared to the other nitrogen treatments and it reached up to 9494.8 kg/hm². Suitable amount of nitrogen and application at late growth stage can coordinate the yield components and enhance the yield, improve nitrogen use efficiency, reduce cost and increase benefit.

Keywords: Northern Liaoning province; Rice; Yield; Nitrogen utilization; Nitrogen regulation

氮素是水稻生产中重要的营养元素之一,氮素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^[1-3]。在水稻高产栽培中,氮素(纯氮)施用量已达 300 ~ 350 kg/hm²,甚至高达 400 ~ 450 kg/hm²,远远高

于发达国家约 150 kg/hm²的水平^[4-5]。前人研究表明,在一定范围内增加氮素施用量有利于水稻产量的提高,水稻生育后期施肥的肥料利用率高于前期,但总施氮量的提高和不合理的阶段施用量配比会导致水稻氮素利用率降低,施肥经济效益下降,不仅造成氮素的浪费,而且污染环境^[6-7]。因此,如何正确进行氮素调控、提高氮素利用率、增加产量,是一个值得深入研究的课题。本试验通过研究铁粳9号产量形成及氮素利用效率对氮素的响应特点,确定其适宜高产的氮素用量和基肥穗肥

收稿日期:2014-04-08

基金项目:国家现代农业产业技术体系资助项目(CARS-01-37)

作者简介:崔月峰(1984-),男,农艺师,硕士,从事水稻育种和栽培工作。

通讯作者:卢铁钢,男,研究员, E-mail: lutg3308@sina.com

运筹比例,建立适合辽北地区水稻高产、高效、环境友好型的氮素管理模式和理论技术体系。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验于 2012 年设在铁岭市农业科学院水稻试验田。供试土壤为棕壤土,耕层 0~20 cm 土层营养指标含量见表 1。供试品种为铁岭市农业科学院选育的优质、高产水稻新品种铁粳 9 号,半直立穗型,主茎 15 片叶,生育期 155d 左右。

表1 土壤耕层0~20 cm土层营养指标含量

指标	全氮 (g·kg ⁻¹)	全磷 (g·kg ⁻¹)	全钾 (g·kg ⁻¹)	碱解氮 (mg·kg ⁻¹)	速效磷 (mg·kg ⁻¹)	速效钾 (mg·kg ⁻¹)	有机质 (g·kg ⁻¹)	pH
含量	1.26	0.49	22.10	97.41	35.84	71.70	23.78	6.08

1.2 试验设计

采用随机区组设计,4 个氮素(纯氮)水平处理,即对照 0 kg/hm²;低氮 165 kg/hm²;中氮 210 kg/hm²;高氮 255 kg/hm²;2 个氮素的基肥、蘖肥和穗肥不同比例处理,即重基肥、轻穗肥模式:基肥 蘖肥 穗肥=6 3 1;前氮后移模式:基肥 蘖肥 穗肥=4 3 3。所有处理均施用 12%过磷酸钙 875kg/hm²和 52%硫酸钾 202 kg/hm²。过磷酸钙作基肥一次施用,硫酸钾作基肥和穗肥各施 50%。氮素统一用 46%的尿素,分基肥(耙地前施)、分蘖肥(移栽后 7 d 施)、穗肥(倒 4 叶期施)3 次施用。育苗方式为塑料小棚旱育苗,4 月 16 日播种,5 月 25 日移栽,10 月 6 日收获。插秧规格 30 cm×13.3 cm,每穴 3 苗,重复 3 次,共计 21 个小区,小区面积 29.5 m²,各小区单独打埂,单灌单排,除草、病虫害防治等栽培措施同一般生产田。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 茎蘖动态

定点定时调查记载茎蘖的消长动态。从蘖期至孕穗期每 7 d 调查一次茎蘖数,调查的样点 10 穴定位。

1.3.2 干物质积累

每个小区于成熟期分别取具有代表性植株 5 穴作为一个样本,清洗,去根。把叶片、茎鞘、穗分开,放烘箱经 105℃杀青 30 min,然后 80℃烘干至恒重称取干物质重。

1.3.3 产量及其构成因素

成熟期在调查茎蘖数的定点处调查有效穗数,选 6 m²实割,晾干,人工脱粒后计算产量,另外每小区分别取具有代表性的植株 4 穴作为一个样本,风干后进行室内考种,测定其穗粒数、结实率、千粒重等。

1.3.4 氮素含量

将成熟期烘干的叶、茎、穗分别粉碎过筛后采用凯氏定氮法测定氮素含量。

1.4 有关参数计算方法

植株总吸氮量=成熟期植株总干物质重×植株总含氮量;氮素回收率(NRE)=[(施氮区植株总吸氮量-空白区植株总吸氮量)/施氮量]×100;氮素收获指数(NHI)=子粒吸氮量/植株总吸氮量;氮素生理利用率(NPE)=(施氮区产量-空白区产量)/(施氮区植株总吸氮量-空白区植株总吸氮量)。

1.5 数据处理与分析

采用 EXCEL、DPS 软件进行数据处理和方差分析。

2 结果与分析

2.1 氮素调控对水稻茎蘖数的影响

从表 2 可以看出,同一基肥、蘖肥和穗肥施用比例下,移栽后的 25~60 d 中铁粳 9 号分蘖数都随施氮量的增加而增加,且都于移栽后 46 d 达到最高茎蘖临界期。在施氮量为 165 kg/hm²时,前氮后移可以促进移栽后 25 d 的茎蘖数,但移栽后 32~60 d 均以重基肥、轻穗肥达到较高的茎蘖数。在施氮量为 210 kg/hm²时,前氮后移可以促进移栽后 25~32 d 的茎蘖数,但移栽后 39~60 d 前氮后移会使茎蘖数有下降趋势。在施氮量为 255 kg/hm²时,前氮后移可以促进移栽后 25~46 d 的茎蘖数,而使移栽后 53~60 d 的茎蘖数降低。说明同一基蘖穗肥施用比例下,增加施氮量能够促进分蘖数的增加,但对最高茎蘖临界期没有影响;同一施氮量下,前氮后移可以提高移栽前期的茎蘖数,后期由于基肥施用量降低而不利于茎蘖的发生,且施肥量越大,前期茎蘖数优势时间持续的越长。

表2 氮素调控对水稻茎蘖数(10⁵个/hm²)的影响

施氮量 (kg/hm ²)	基肥 蘖肥 穗肥	移栽后天数(d)					
		25	32	39	46	53	60
0		10.5b	17.7b	25.2c	26.8c	26.0c	25.7c
165	6 3 1	17.3a	35.5a	48.3ab	51.2ab	47.7ab	46.2ab
	4 3 3	19.8a	35.3a	46.3b	49.5b	47.2b	44.5b
210	6 3 1	19.3a	35.8a	50.5ab	51.4ab	49.7ab	47.5ab
	4 3 3	20.0a	36.8a	47.5ab	49.7ab	47.8ab	47.1ab
255	6 3 1	19.5a	39.2a	50.8ab	54.2a	52.8a	51.2a
	4 3 3	23.7a	40.2a	54.7a	54.8a	52.1a	48.8ab

注 :每列不同小写字母表示在0.05水平上差异显著 ,下同

2.2 氮素调控对水稻干物质积累的影响

从表 3 可以看出 ,基肥 蘖肥 穗肥为 6 3 1 时 ,在齐穗期 ,叶、茎、穗和总干物重均随施氮量的增加呈先增后减趋势 ;基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 时 ,在齐穗期 ,随施氮量的增加 ,叶和穗干物重呈先增后减趋势 ,而茎和总干物重呈增加趋势 ,到成熟期 随施氮量的增加 ,叶、茎和总干物重呈增加趋势 ,而穗干物重以中肥处理 210 kg/hm² 占有优势。在施氮量为 165 kg/hm² 时 ,与基肥 蘖肥 穗肥为 6 3 1 处理相比 ,基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 处

理使齐穗期叶、茎、穗和总干物重都有所降低 ,在成熟期叶、茎干物重有降低趋势 ,但穗和总干物重表现为增加趋势 ;在施氮量为 210 kg/hm² 时 ,前氮后移使齐穗期叶、穗和总干物重有所提高 ,但茎干物重有降低趋势 ,而对成熟期各器官的干物质积累都具有促进作用 ;施氮量为 255 kg/hm² 时 ,在齐穗期 ,前氮后移使各器官的干物质积累均表现为促进作用 ,而在成熟期时穗有降低趋势 ,叶、茎干物质和总干物重都表现出了增加效应。

表3 氮素调控对水稻干物质积累(×10² kg/hm²)的影响

施氮量 (kg/hm ²)	基肥 蘖肥 穗肥	齐穗期				成熟期			
		叶	茎	穗	总量	叶	茎	穗	总量
0		15.8d	47.0d	10.4c	73.1d	15.5d	43.4d	66.1d	125.0c
165	6 3 1	31.6bc	77.3bc	17.3ab	126.3bc	27.5bc	64.7bc	97.5c	189.7b
	4 3 3	29.3c	71.3c	15.8b	116.5c	26.1c	62.4c	108.1b	196.6b
210	6 3 1	36.7b	81.5a	18.7a	136.9ab	28.9bc	69.1b	100.9bc	199.0b
	4 3 3	42.4a	79.1ab	19.2a	140.7a	37.7a	77.7ab	121.2a	236.5a
255	6 3 1	34.0bc	78.9ab	18.1a	131.0bc	33.8b	75.2ab	120.5a	229.6a
	4 3 3	42.1a	81.9a	18.8a	142.8a	39.1a	81.2a	118.0a	238.3a

2.3 氮素调控对水稻产量及构成因素的影响

从表 4 可以看出 ,基肥 蘖肥 穗肥为 6 3 1 时 ,有效穗数、成穗率和产量随施氮量的增加呈增加趋势 ,实粒数和结实率呈先增后减趋势 ,而千粒重呈降低趋势 ;基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 时 ,随施氮量的增加 ,有效穗数呈递增趋势 ,成穗率和结实率呈先增后减趋势 ,实粒数和千粒重呈递减趋势 ,产量则表现为以施中氮水平 210 kg/hm² 下最高。与重基肥、轻穗肥模式相比 ,在施氮

量为 165 kg/hm² 时 ,前氮后移有利于有效穗数、成穗率、实粒数和千粒重的提高 ,进而使产量增加 5.2% ,而结实率有所下降 ;在施氮量为 210 kg/hm² 和 255 kg/hm² 时 ,前氮后移有利于有效穗、成穗率和千粒重的增加 ,而实粒数和结实率有降低趋势 ,但产量分别提高了 5.5% 和 1.5%。总体来看 ,施氮量 210kg/hm²、基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 时由于成穗率较其他施氮处理高 1.6% ~ 13.7% ,以有效穗数 42.2×10⁵ 穗/hm²、实粒数 108.1 个/穗、千粒

重 25.3g 的优良产量构成因素 ,使产量达到最高为 9494.8 kg/hm² ,较其他施氮处理提高 0.6% ~ 10.6% ,是本试验中氮素运筹的最优模式。

2.4 氮素调控对水稻氮素利用率的影响

从表 5 可以看出 ,基肥 蘖肥 穗肥为 6 3 1 和 4 3 3 时 ,随施氮量的增加 ,总吸氮量呈增加趋势 ,氮素回收率呈先升后降趋势 ,氮素生理利用率和氮素收获指数呈降低趋势。在 165、210 和 255 kg/hm² 3 个施氮量水平下 ,与基肥 蘖肥 穗肥为 6 3 1 处理相比 ,基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 处理的总吸氮量、氮素回收率、氮素收获指数均

呈上升趋势 ,而氮素生理利用率表现为降低趋势 ,前氮后移分别使总吸氮量增加 12.1%、17.0% 和 9.2% ,氮素回收率分别提高 28.4%、33.1% 和 16.5% ,氮素收获指数分别增加 3.1%、1.3% 和 1.2% ,而氮素生理利用率分别降低 10.5%、14.1% 和 11.0%。可见在两个基蘖穗肥施用模式下 ,施氮量越高 ,总吸氮量越大 ,氮素生理利用率和氮素收获指数呈相反趋势 ,而氮素回收率则以中氮水平居高 ;与重基肥、轻穗肥模式相比 ,同一施肥量下 ,前氮后移有利于总吸氮量、氮素回收率和氮素收获指数的增加 ,而使氮素生理利用率有降低趋势。

表 4 氮素调控对水稻产量及构成因素的影响

施氮量 (kg/hm ²)	基肥 蘖肥 穗肥	有效穗数 (×10 ⁵ 穗/hm ²)	成穗率 (%)	实粒数 (个/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
0		22.2d	81.9b	103.6b	93.3a	25.5a	5558.3d
165	6 3 1	37.3c	72.9d	106.7ab	91.6a	25.1a	8581.6c
	4 3 3	39.2bc	79.2bc	109.1ab	90.8ab	25.8a	9031.6b
210	6 3 1	39.0bc	78.3c	111.8a	92.5a	24.8a	9000.7b
	4 3 3	42.2b	86.6a	108.1ab	91.8a	25.3a	9494.8a
255	6 3 1	43.4ab	79.2bc	105.7ab	88.4b	24.5a	9301.4ab
	4 3 3	45.7a	85.2a	99.2bc	85.7c	25.0a	9442.5a

表 5 氮素调控对水稻氮素利用率的影响

施氮量 (kg/hm ²)	基肥 蘖肥 穗肥	总吸氮量 (×10 ² kg/hm ²)	氮素回收率 NRE(%)	氮素生理利用率 NPE(kg/kg)	氮素收获指数 NHI(kg/kg)
0		0.92d			0.69a
165	6 3 1	1.60c	41.53d	44.12a	0.63b
	4 3 3	1.80bc	53.31b	39.49ab	0.65ab
210	6 3 1	1.88b	45.96c	35.67bc	0.61bc
	4 3 3	2.20a	61.19a	30.64cd	0.62bc
255	6 3 1	2.07ab	45.13c	32.52c	0.60bc
	4 3 3	2.26a	52.60b	28.96d	0.61bc

3 结论与讨论

水稻产量的 高低是单位面积有效穗数、每穗实粒数和千粒重三要素综合作用的结果 ,随施氮量的增加水稻产量会有所提升 ,但超过一定范围后产量和部分产量构成因素则下降^[8] ,而适宜的氮素基、蘖肥用量是优化群体质量从而获得高产的关键。王宇等^[9]对超级稻盐丰 47 产量研究表明 ,基蘖肥与穗肥比例为 2 5 3 时产量达最高为 731.5 kg/667 m² ,郭宏文等^[7]研究表明 ,基蘖肥占总施氮量比例为 70% 时产量最高 ,基蘖氮素

比例过高易造成前期疯长 ,同时肥料的增产效益降低。本试验研究表明 ,重基肥、轻穗肥模式随施氮量的增加表现为分蘖数有增加趋势 ,同时有利于各器官的干物质积累 ,产量也随之增加 ,主要是由于提高了有效穗数和成穗率 ,而前氮后移模式则更有利于中氮水平下穗干物质的积累和产量的提升 ,主要是由于具有较高的成穗率和结实率。与重基肥、轻穗肥模式相比 ,在低氮条件下 ,前氮后移不利于水稻齐穗期的干物质积累 ,但可以促进成熟期穗和总干物重的增加 ,而且有助于提高有效穗数、实粒数和千粒重 ,进而提高产量 ;

施氮量中等时,前氮后移对干物质积累基本具有促进作用,而且越到后期越有利,依靠有效穗数和千粒重的增加,产量也有所提高;施氮量高时,前氮后移使得成熟期穗干物质重降低,而对齐穗期和成熟期的其他各生长器官干物质积累都有促进作用,产量及构成因素的变化与中氮量表现一致。总体来看,施氮量 210 kg/hm^2 、基肥 蘖肥 穗肥为 4 3 3 时以较高的成穗率和结实率使产量达到最高为 9494.8 kg/hm^2 ,较其他施氮处理提高 $0.6\% \sim 10.6\%$,可能是由于在稳定单位面积适宜穗数的基础上,适当减少基肥而增加穗肥,使抽穗成熟期的叶片含氮量增加,有利于齐穗后的绿叶面积和有效叶面积率以及群体光合势提高,促进了干物质积累,从而夺取水稻的高产^[10]。

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^[11],基肥用量高有利于水稻返青和分蘖的发生,但此时水稻根系尚未形成,水稻对氮素需要的绝对量小,肥料氮在土壤和灌溉水中浓度高及停留时间长将加剧氮素的损失,在不提高施肥量甚至适当减少的基础上,根据水稻对氮素的需求进行分次施肥,适当增加穗粒肥比例是提高水稻氮素利用率的一个有效途径^[12]。本试验结果表明,在设定的两个基肥穗肥施用比例下,施氮量越高,总吸氮量越大,氮素生理利用率和氮素收获指数呈相反趋势,而氮素回收率则以中氮水平居高,说明通过增加氮素用量所增加的植株氮素积累量,没有转化为子粒产量生产优势,高氮条件下易造成水稻奢侈吸收,碳水化合物过多用于营养生长,不利于营养器官氮素的转运,中氮条件下则能更好协调氮素营养的体内流转利用,强化氮素转化为经济产量的能力,提高氮素利用率。本试验还表明,同一施氮量下,降低基肥比例、提高穗肥比例有利于总吸氮量、氮素回收率和氮素收获指数的增加,而氮素生理利用率受到限制。这也说明前氮后移能够使水稻成熟时的氮素较大限度地存留在干物质中,而且能

够提高穗含氮量的比例,但对氮素转化为经济产量的能力有所减弱,可见氮素利用率的高低与产谷的多少,不尽完全一致,只有当氮素基、蘖肥适宜,穗肥与其比例适当时,才能实现统一^[5]。本试验中在施氮量为 210 kg/hm^2 时所表现出的高效氮素回收率和均衡的吸氮量、氮素生理利用率、氮素回收指数应该与其形成的高产水平实现了最优组合,所以在水稻生产实际中,高产群体要有优化的氮素吸收利用体系去匹配优化的产量结构,这样才能实现水稻高产、高效、环境友好的生产和发展。

参考文献:

- [1] 冯惟珠,徐茂,季春梅. 施氮素时期对土壤供氮、稻株吸氮及产量的影响[J]. 江苏农业研究, 2000, 21(3): 16-21.
- [2] 凌启鸿,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] 吴文革,张四海,赵决建,等. 氮素运筹模式对双季稻北缘水稻氮素吸收利用及产量的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(5): 757-764.
- [4] 刘立军,王志琴,桑大志,等. 氮素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.
- [5] 丁艳锋,刘胜环,王绍华,等. 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.
- [6] 凌启鸿. 作物群体质量[M]. 上海:上海科学技术出版社, 2007.
- [7] 郭宏文,李士明,李刚,等. 氮肥运筹对双季稻产量及氮素利用率的影响[J]. 耕作与栽培, 2006(3): 8-10.
- [8] 周瑞庆,萧光玉,汪大明,等. 施肥量对水稻产量及产量构成因素的影响[J]. 作物研究, 1991, 6(增刊): 21-26.
- [9] 王宇,苏平,付立东. 氮素运筹对超级稻盐丰47产量及氮素利用率的影响[J]. 北方水稻, 2007(5): 40-43.
- [10] 林忠成,李士明,吴福观,等. 基肥与穗肥氮比例对双季稻产量和碳氮比的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(2): 269-275.
- [11] 莫润秀,江立庚,郭立,等. 氮素运筹对水稻植株不同形态氮素含量的影响[J]. 中国水稻科学, 2010, 24(1): 49-54.
- [12] 樊剑波,张亚丽,王东升,等. 水稻氮素高效吸收利用机理研究进展[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(2): 129-134.