

减氮增硅与移栽密度对水稻生育及产量的影响

付雪蛟¹, 吕小红¹, 杜萌¹, 黄河¹, 史鸿儒², 付立东¹, 隋鑫^{1*}

(1. 辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁 盘锦 124010; 2. 辽宁省农业发展服务中心, 沈阳 110034)

摘要:以盐丰47为材料,采用小区对比方法,探讨了减氮增硅与移栽密度对水稻生育及产量的影响。结果表明,适当减氮增硅增加移栽密度可有效提高单位面积收获穗数、成穗率、千粒重及结实率,可促进齐穗后干物质积累量的增加,并可增强植株抗病性、降低水稻后期的倒伏风险。试验结果以氮肥施入量较常规用量减少10%的N2-18处理产量较高,为11.74 t/hm²,比N1-18、N1-21、N2-16、N3-16、N3-18处理分别增产2.18%、1.47%、6.24%、8.20%和9.01%。如继续减少氮肥施入量,则产量降低。

关键词:机插水稻;氮肥施入量;移栽密度;硅肥;产量

中图分类号:S511

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2021)01-0006-04

Effects of Reducing Nitrogen and Increasing Silicon and Transplanting Density on Rice Growth and Yield

FU Xuejiao¹, LYU Xiaohong¹, DU Meng¹, HUANG He¹, SHI Hongru², FU Lidong¹, SUI Xin^{1*}

(1. Liaoning Institute of Saline-Alkaline Land Utilization, Panjin 124010; 2. Liaoning Agricultural Development Service Center, Shenyang 110034, China)

Abstract: Taking Yanfeng 47 as the material, the effects of reducing nitrogen and increasing silicon and transplanting density on rice growth and yield were studied by plot comparison method. The results showed that increasing transplanting density by appropriately reducing nitrogen and increasing silicon could effectively improve the number of harvested panicles per unit area, the rate of panicle, 1 000 grain weight and seed setting rate, promote the increase of dry matter accumulation after full panicle, enhance plant disease resistance and reduce the risk of lodging at later stage of rice. The results showed that the yield of N2-18 was 11.74 t/ha, which was higher than that of N1-18, N1-21, N2-16, N3-16 and N3-18 by 2.18%, 1.47%, 6.24%, 8.20% and 9.01%, respectively. If the amount of nitrogen fertilizer is reduced, the yield will decrease.

Key words: Machine transplanted rice; Nitrogen fertilizer application; Transplanting density; Silicon fertilizer; Yield

东北作为我国主要的稻作区之一,对保障国家粮食生产具有重要作用。当前东北很多农户仍然普遍采用高氮稀植的高产种植方式^[1-2],在追求高产的同时化肥使用量也逐年增加,尤其是氮肥。过度施用氮肥不仅造成生产成本低、效益低,还导致污染环境等问题日益突出^[3-4]。杨福等^[5]研究认为,要提倡合理的密植栽培方式。水稻增施硅肥不仅可有效调节养分供给,还可增强抵抗病菌

害和抗倒伏的能力,使水稻获取高产及高效^[6-7]。密度与肥料管理两者共同作用,对水稻高产高效栽培技术发展具有重要意义^[8-10]。辽宁省盐碱地利用研究所2018年开展水稻减氮增硅增密试验,本试验从减少氮肥施入量角度出发,探讨减氮增硅与移栽密度对水稻生育及产量的影响,通过适当增加移栽密度增施硅肥,以弥补减少氮肥施入量导致的损失。为充分提高土地单位面积的生产力,为盘锦滨海稻区水稻减氮增效的绿色栽培新模式提供了理论依据。

1 试验设计

1.1 试验地点及材料

试验在辽宁省盐碱地利用研究所东风试验基

收稿日期:2019-01-13

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFD0300300);辽宁省科学事业公益研究基金项目(20170034)

作者简介:付雪蛟(1989-),男,助理研究员,硕士,主要从事水稻栽培研究工作。

通讯作者:隋鑫,男,硕士,副研究员,E-mail: 110656577@qq.com

地进行。

供试品种:盘锦稻区主栽品种盐丰47。

供试肥料:明泉掺混肥(N:P₂O₅:K₂O=27:8:10),接力棒返青肥(N:P₂O₅:K₂O=15:0:5),尿素(含N46%)、富思德硅钙肥(含SiO₂≥15%~20%,CaO≥25%,水分≤10%,pH 8.0~10.0)。

1.2 试验设计

试验设N1-21(对照)、N1-18、N2-16、N2-18、N3-16、N3-18六个处理。N1(对照)以常规施氮量(276.0 kg/hm²)为基础,N2较常规施氮量减少10%(249.0 kg/hm²)、N3较常规施氮量减少20%(220.5 kg/hm²);栽插密度设行距统一为30 cm,穴距分别设16 cm(移栽基本苗104.25×10⁴株/hm²)、18 cm(移栽基本苗92.7×10⁴株/hm²)、21 cm为对照(移栽基本苗79.35×10⁴株/hm²)。栽插穴距16 cm、18 cm比21 cm(CK)密度分别增加31.3%和16.7%。

各处理氮素基、蘖、穗肥比例5:3:2,N2-16、N2-18、N3-16、N3-18处理增施硅钙肥1 500 kg/hm²。基肥水耙地前施入,蘖肥插秧后2.0叶龄期施入,穗肥倒5叶龄期施入。各处理磷肥P₂O₅(108 kg/hm²)、钾肥K₂O(69 kg/hm²)施入量相同。不同施氮区之间采用塑料波纹板分隔,单排单灌。其他栽培管理措施同常规生产田。

2 测定项目与方法

2.1 茎蘖动态

各处理移栽后定植3个调查点,每点10穴。从分蘖期开始记录各主要时期茎蘖数。

2.2 干物重及收获指数

各处理于主要生育期取代表性植株5穴,测

定群体干物重。收获指数为成熟期籽粒干重除以籽粒与茎秆干重之和。

2.3 倒伏

成熟期各处理取代表性植株5穴,测定穗颈节以下第1至5节间的弯曲力矩及抗折力。用濂古秀生的计算方法,计算各处理节间倒伏指数,倒伏指数(cm·g/g)=弯曲力矩(cm·g)/抗折力(g)×100。

2.4 病害

齐穗期调查各处理纹枯病及穗颈瘟的发病情况。植株感病指数=[∑(各级病株数×相应级数)/调查总株数×最高级别值]×100%,植株发病率=(染病指数/调查总株数)×100%。

2.5 产量构成与测产

各处理于收获期实脱,并取有代表性10穴植株在室内进行考种。

3 结果与分析

3.1 减氮增硅与移栽密度对水稻茎蘖及成穗率的影响

由表1可知,各处理单位面积茎蘖数呈先增大后降低趋势,且均在拔节期达到最大茎蘖数。其中移栽期茎蘖数以N2-16、N3-16处理最大。拔节期茎蘖数以N2-16处理最高,成熟期茎蘖数以N2-18处理最大,为432.75×10⁴株/hm²,比其他处理依次高2.95%、1.19%、3.44%、3.96%和4.76%。成穗率以N2-18处理最大,为77.22%,比其他处理依次增加2.66、0.87、4.09、4.04和1.52个百分点。可见适当减氮增硅增密能够获取水稻成熟期最大的收获穗数,提高成穗率。

表1 减氮增硅与移栽密度对水稻茎蘖及成穗率的影响

处理	移栽期 (×10 ⁴ 株/hm ²)	N-n期(有效分蘖临界期) (×10 ⁴ 株/hm ²)	拔节期 (×10 ⁴ 株/hm ²)	齐穗期 (×10 ⁴ 株/hm ²)	成熟期 (×10 ⁴ 株/hm ²)	成穗率 (%)
N1-18	90.75b	438.25a	563.75b	439.30b	420.35b	74.56bc
N1-21	78.90c	430.80a	560.10b	444.60a	427.65a	76.35ab
N2-16	101.25a	447.60a	572.10a	433.80b	418.35b	73.13c
N2-18	90.75b	435.75a	560.40b	450.30a	432.75a	77.22a
N3-16	101.25a	439.35a	568.80a	432.45b	416.25b	73.18c
N3-18	90.75b	430.95a	545.70c	430.50b	413.10c	75.70b

注:表中不同小写字母表示差异达5%显著水平,下同

3.2 减氮增硅与移栽密度对水稻干物质积累量的影响

由表2可知,各处理单位面积干物质积累量变化趋势基本一致,N-n期、拔节期以N2-16处理最大,齐穗期N2-18高于其他处理。成熟期干物

质积累量以N2-18处理最大,为20.790 t/hm²,比其他处理依次高1.24%、3.11%、2.01%、4.21%和6.22%。齐穗后干物质积累量占籽粒产量百分比以N2-18处理最大,为76.57%,比其他处理依次增加0.45、0.61、4.27、2.34和2.81个百分点。收获

表2 减氮增硅与移栽密度对水稻干物质积累量的影响

处理	移栽期 (t/hm ²)	N-n期 (t/hm ²)	拔节期 (t/hm ²)	齐穗期 (t/hm ²)	成熟期 (t/hm ²)	齐穗后干物质积累量占籽粒产 量的百分比	收获 指数
N1-18	0.019ab	1.227ab	4.417a	11.722bc	20.535b	76.12a	0.586a
N1-21	0.018c	1.209b	4.253b	11.717c	20.163bc	75.96a	0.582ab
N2-16	0.020a	1.242a	4.482a	11.984b	20.363c	72.30a	0.534d
N2-18	0.019ab	1.214b	4.304b	12.108a	20.790a	76.57a	0.579b
N3-16	0.020a	1.188c	4.195b	11.451d	19.951d	74.23a	0.547c
N3-18	0.019ab	1.146d	3.943c	11.161e	19.573e	73.76a	0.561bc

指数以 N1-18 处理最高。说明适当的减氮增密增硅可促进水稻齐穗后干物质积累量的增加,使收获指数相对稳定。

3.3 减氮增硅与移栽密度对水稻倒伏指数的影响

水稻的抗倒伏能力主要作用于倒三、倒四节间,由表 3 可知,各处理倒伏指数呈现出先升后降趋势。倒一节间倒伏指数以 N3-18 处理最小,倒

二至倒四节间倒伏指数均表现为 N1-21 处理最高,第五节间倒伏指数变化不一,其中,倒五节间倒伏指数以 N3-18 最小,为 137.17 cm·g/g,比其他处理依次降低 3.91%、4.96%、2.12%、1.44% 和 0.10%。可见,适当的增加移栽密度减氮增硅对抗倒伏起相关作用,能够降低水稻倒三和倒四节的倒伏指数,提高水稻抗倒性。

表3 减氮增硅与移栽密度对水稻倒伏指数的影响

cm·g/g

处理	倒一节间	倒二节间	倒三节间	倒四节间	倒五节间
N1-18	135.72ab	158.58a	166.23b	155.47ab	141.08a
N1-21	138.03a	161.10a	169.56a	157.33a	142.13a
N2-16	134.42ab	157.67a	162.80cd	154.12b	139.29ab
N2-18	133.68b	154.53b	161.98cd	152.57bc	138.61b
N3-16	132.51b	152.93b	164.99bc	149.37d	137.27b
N3-18	132.05b	153.28b	165.32bc	150.06cd	137.17b

3.4 减氮增硅与移栽密度对水稻感病率的影响

由表 4 可知,各处理植株感病率、感病指数变化不一,植株感病率以 N1-18 处理发病率最高,为 4.8%,比其他处理依次高 1.1、1.8、2.7、2.5 和 2.8 个百分点。感病指数以 N1-18 处理最大,为 3.2,其

次为 N2-16>N1-21>N3-16>N2-18>N3-18 处理。从试验结果来看施氮量高的处理感病率、感病指数均较高,说明合理增密减氮增施硅肥可增强植株抗病性,降低植株感病指数和感病率。

表4 减氮增硅与移栽密度对水稻感病率的影响

处理	总株数 (个)	病株 (个)	纹枯病(个)			穗颈瘟(个)			植株感病 率(%)	感病 指数
			一级	二级	三级	一级	二级	三级		
N1-18	84	4	1	2	1	-	-	-	4.8	3.2
N1-21	80	3	-	2	-	1	-	-	3.7	2.1
N2-16	99	3	1	-	1	-	-	1	3.0	2.4
N2-18	94	2	-	-	-	-	-	2	2.1	1.3
N3-16	128	3	1	1	1	-	-	-	2.3	1.6
N3-18	116	3	-	1	-	-	1	1	2.0	1.0

3.5 减氮增硅与移栽密度对水稻产量及构成因素的影响

由表 5 可知,单位面积总颖花量以 N2-18 处理最大,为 51 175.14×10⁴ 株/hm²,每穗实粒数以 N1-18 处理最大,为 110.55 粒。千粒重以 N1-21

处理最大,为 27.01 g。结实穗率以 N2-18 处理最大,为 92.3%,比其他处理依次增加 0.6、0.1、0.4、0.9 和 0.7 个百分点。最终产量以 N2-18 处理单产最高,为 11.74 t/hm²,比其他处理依次增产 2.18%、1.47%、6.24%、8.20% 和 9.01%。可见,在施氮量减

表5 减氮增硅与移栽密度对水稻产量及构成因素的影响

处 理	收获穗数 ($\times 10^4$ 穗/hm ²)	总颖花量 ($\times 10^4$ 个/hm ²)	实粒数 (粒/穗)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (t/hm ²)
N1-18	420.35b	50 675.78b	110.55a	91.7bc	26.96a	11.49b
N1-21	427.65a	50 394.98b	108.65a	92.2ab	27.01a	11.57b
N2-16	418.35b	48 868.20c	107.35a	91.9ab	26.77a	11.05c
N2-18	432.75a	51 175.14a	109.15a	92.3a	26.93a	11.74a
N3-16	416.25b	48 752.25c	107.05a	91.4c	26.63a	10.85d
N3-18	413.10b	4 8593.36c	107.75a	91.6bc	26.42a	10.77e

少的情况下,可通过适当增施硅肥和增加移栽密度来协调产量构成,从而获得较高产量。

4 结 论

氮肥施入量和移栽密度是影响水稻产量构成的重要因素,在一定程度上硅肥也能够提高千粒重与植株抗性^[11-13]。氮肥施入量过多,不仅造成资源浪费、增加生产成本,还导致环境污染,加重纹枯病等病害的发生^[14-15]。水稻施入硅肥会不同程度地增加千粒重和每穗实粒数。因此,适当减少氮肥施入量,通过调控移栽密度及硅肥用量,可减少氮肥对环境的污染,能够获取水稻最高有效穗数,协调产量构成因素。

本试验结果表明:N2-18处理单产最高,为11.74 t/hm²,说明适当减少氮肥增加移栽密度增施硅肥可有效提高水稻单位面积收获穗数、成穗率、结实率及千粒重,可促进齐穗后干物质积累的增加,并可降低水稻后期的倒伏风险与感病率。在目标产量减氮条件下,氮肥施入量减少10%的处理通过增加移栽密度增施硅肥来增加单位面积有效穗数,提高水稻群体质量,可高于常规施氮水平产量,达到高产高效;氮素减少20%的处理收获穗数、结实率及千粒重均较常规施氮水平低,产量下降。常规施肥水平的N1-21处理因施氮量过高,密度过低,导致收获穗数略低,降低群体质量和植株抗性,增加生产成本,浪费有限的资源,使得高产潜力得不到充分发挥。可见,在氮肥施入量减少的情况下,盘锦滨海稻区合理的增加移栽密度增施硅肥栽培方式能够实现水稻高产高效。

参考文献:

- [1] 严光彬,李彦利,许哲鹤,等.北方粳稻“三早”超稀植高产优质栽培技术研究与实践[M].北京:中国农业出版社,2008:53-58.
- [2] 王慧新,王伯伦,张 城,等.不同肥密条件处理对水稻产量与品质影响[J].沈阳农业大学学报,2007(4):462-466.
- [3] 齐春艳,侯立刚,马 巍,等.不同氮肥施入量对盐碱地水稻氮素吸收及产量的影响[J].吉林农业科学,2014,39(6):25-27,42.
- [4] 王光火,张奇春,黄昌勇.提高水稻氮肥利用率、控制氮肥污染的新途径—SSNM[J].浙江农业科学(农业与生命科学版),2013,29(1):67-70.
- [5] 杨 福,胡长城,王晓丽,等.不同栽培密度对水稻“吉农大7号”生育及产量的影响[J].吉林农业大学学报,2000,22(1):18-22.
- [6] 侯云鹏,孔丽丽,李 前,等.不同施磷水平下水稻产量、养分吸收及土壤磷素平衡研究[J].东北农业科学,2016,41(6):61-66.
- [7] 隋 鑫,李 旭,吕小红,等.不同基本苗对机插水稻生育及产量的影响[J].现代农业科技,2014(19):9-10.
- [8] 付立东,王 宇,李 旭,等.移栽基本苗对水稻群体性状及产量的影响[J].江苏农业科学,2013,41(1):65-67.
- [9] 刘晓亮,齐春艳,侯立刚,等.肥水耦合对盐碱地水稻产量及其构成因素的影响[J].东北农业科学,2017,42(6):18-22.
- [10] 付立东,王 宇,隋 鑫,等.氮素基肥穗肥不同施入比例对超级稻生育及产量的影响[J].作物杂志,2010(5):34-38.
- [11] 付立东,王 宇,展广军,等.氮肥不同施入量对水稻新品种盐粳939产量的影响[J].江苏农业科学,2013,42(5):73-75.
- [12] 张满利,陈 盈,隋国民,等.氮肥对水稻产量和氮肥利用率的影响[J].中国农学通报,2010,26(13):230-234.
- [13] 隋 鑫,付立东,王 宇,等.密度对滨海稻区机插水稻光合特性及产量的影响[J].江苏农业科学,2016,45(3):91-93.
- [14] 侯云鹏,孔丽丽,李 前,等.不同施肥模式对水稻养分吸收利用及土壤养分平衡的影响[J].东北农业科学,2018,43(1):1-8.
- [15] 王 宇,隋 鑫,李 旭,等.不同播量对机插水稻群体生长发育及产量的影响[J].吉林农业科学,2015,40(4):1-4.

(责任编辑:王 昱)