



王丽萍,解保胜,顾春梅,等.不同施氮量与插秧密度对寒地水稻生长发育及稻米品质的影响[J].黑龙江农业科学,2019(7):46-52.

不同施氮量与插秧密度对寒地水稻生长发育及稻米品质的影响

王丽萍,解保胜,顾春梅,臧家祥,杜金岭,那永光

(黑龙江省农垦科学院 水稻研究所,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:为建立适用于寒地水稻的高产优质栽培技术,以垦稻 26 为试验材料,设置 2 种氮肥用量(尿素 250 和 200 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)和 3 种插秧密度[30 $\text{cm}\times 10\text{ cm}$;30 $\text{cm}\times 12\text{ cm}$ (CK);30 $\text{cm}\times 14\text{ cm}$],探究不同施氮量和插秧密度下寒地粳稻生长发育及稻米品质的变化规律。结果表明:施氮量和插秧密度对寒地粳稻茎蘖动态、叶面积指数、地上部干物质积累以及产量均有显著影响。施氮水平的增加可以提高寒地粳稻分蘖数、叶面积指数、地上部干物质积累量和产量,同时施氮水平的增加显著提高了稻米的糙米率、青米率和蛋白质含量,显著降低了直链淀粉含量和食味值。插秧密度对寒地粳稻生长发育的影响因施肥水平不同而存在差异。常规施氮水平下,随插秧密度的降低,寒地粳稻分蘖数降低,而叶面积指数、地上部干物质积累量和产量先降低后升高;减氮水平下,随插秧密度的降低,除分蘖数外寒地粳稻生长发育的各个指标均呈先升后降趋势。各施氮水平下,插秧密度对寒地粳稻稻米品质影响不显著。综合考虑肥密互作对产量和品质的影响,本试验最佳处理为 N1T3(尿素 250 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,磷酸二铵 155.4 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,氯化钾 119.1 $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,株距 30 $\text{cm}\times 14\text{ cm}$)。

关键词:施氮量;插秧密度;水稻;产量;稻米品质

水稻是世界上主要的粮食作物之一。据报道,世界上 50%以上的人口以水稻为主食。中国是水稻种植及消费大国,据统计从 1985 到 2015 年,我国水稻年平均产量为 $1.87\times 10^8\text{ t}$,约为全世界年平均产量的 32.96%,居世界水稻产量之首^[1]。随着我国经济的发展和人民生活水平的逐步提高,对水稻的需求不止局限于产量,并且对品质也提出更高的要求^[2]。

氮肥管理和插秧密度作为水稻生产过程中主要的栽培技术,针对氮肥和插秧密度对水稻生长发育和稻米品质的影响,国内外研究较为详尽。周培楠等^[3]研究认为,施氮量对水稻外观品质几乎无影响,对加工品质影响较小,增施氮肥仅提高了稻米蛋白质含量。林桂海等^[4]研究认为,一定范围内,水稻产量随施氮量增加而增加,且不同施氮量间稻米品质变化无明显规律;而姜辉^[5]、Chaturvedi 等^[6]则认为,施氮量对水稻产量和品质均有显著影响。关于密度方面,吴春赞等^[7-8]认为,密度主要通过调控水稻群体的结构,进而影响

产量和品质,且合理的插秧密度有利于产量和稻米品质的协同提高。张忠臣等^[9]则认为,插秧密度与水稻产量呈单峰曲线变化,即存在最佳密度;但插秧密度对稻米品质影响表现不一。不同施氮量和插秧密度下寒地水稻生长发育及稻米品质如何变化的研究较少。为此,本试验以黑龙江省第三积温带主栽品种垦稻 26 为试验材料,研究不同施氮量与插秧密度对寒地粳稻生长发育及稻米品质的影响,旨在明确施氮量和插秧密度对寒地水稻生长发育及稻米品质的调控效应,获取最佳施氮水平和插秧密度,为建立适用于寒地水稻的高产优质栽培管理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在农垦科学院水稻研究所徐一戎水稻科技园区栽培地内,供试土壤为沙底白浆土,0~20 cm 耕层土壤基本农化状况为速效氮 145 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 34.7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 161.7 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮 1.38 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷 0.618 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全钾 20.7 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、有机质 30.1 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、pH7.2。

1.2 材料

供试品种为垦稻 26(主茎 11 叶)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验于 2016 年进行,试验采

收稿日期:2018-12-06

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0300504-2)。

第一作者简介:王丽萍(1975-),女,硕士,高级农艺师,从事水稻栽培生理研究。E-mail:nksdswlp@126.com。

通讯作者:那永光(1967-),男,硕士,研究员,从事水稻栽培生理研究。E-mail:nknyg@163.com。

用两因素随机区组设计,3次重复,设正常施肥(N1)和低施肥(N2)两个施肥水平及3个插秧密度(T1、T2和T3)共计6个处理,N1尿素250 kg·hm⁻²为当地高产田氮肥施用量(CK);N2尿素200 kg·hm⁻²为在250 kg·hm⁻²基础上减少20%;T1株距30 cm×10 cm;T2株距30 cm×12 cm(CK);T3株距30 cm×14 cm,各处理的磷酸二铵和氯化钾施用量分别为115.4和119.1 kg·hm⁻²。

全生育期氮肥的施用比例按基肥:蘖肥:调节肥:穗肥=4:3:1:2,其中蘖肥分两次施,4叶期施70%,6叶期施30%;磷酸二铵100%全作基施;氯化钾基肥施60%,穗肥施40%。4月18日播种,5月15日插秧,每穴4株。其他田间管理同一般生产田。

1.2.2 测定项目及方法 生育进程:移栽返青后,定点标记水稻叶龄,各处理随机选取有代表性的3点连续标记10穴,每7 d调查1次。并记录各处理的抽穗期。

茎蘖动态:返青后各处理定点调查长势一致且具代表性的连续10穴,每7 d调查1次,至分蘖盛期,成熟期再测定1次。

干物质积累:于抽穗期和抽穗后25 d取各处理长势一致且具代表性的连续10穴,根据植株各器官进行分类,105℃下杀青30 min,然后80℃恒温条件下烘至恒重并称重。

叶面积指数:于抽穗期及抽穗后25 d取各处

理代表性植株10穴,采用系数法(叶片长度×叶片最宽处宽度×0.75)测定叶面积,并计算叶面积指数、高效叶面积指数。

稻米品质:参照《中华人民共和国农业部标准(NY 147-88)米质测定方法》测定稻米的糙米率、垩白粒率以及青米率;蛋白质含量、直链淀粉含量和食味值使用KETT AN-700食味分析仪进行测定。

产量及产量构成因素:于成熟期,每处理选取5穴具有代表性的植株,进行室内考种,测定有效穗数、每穗粒数、千粒重及结实率。每处理实收2 m²测定实际产量。

1.2.3 数据分析 用Microsoft Excel 2007和DPS 7.05统计软件对上述结果进行作图及统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施氮量与插秧密度对寒地水稻生长发育的影响

2.1.1 叶龄进程 由表1可以看出,各处理各时期叶龄差异均不显著,将各时期叶龄加和后比较可以看出各处理间叶龄进程表现为N1T1>N1T3>N2T3>N2T2>N1T2>N2T1,其他处理次之(图1A);肥力水平间呈N1>N2,株距水平间成T3>T2>T1(图1B)。表明高肥力和大株距有利于整个生育期间叶龄的增加。

表1 不同阶段寒地粳稻叶龄比较

Table 1 Comparison of leaf age of rice in cold regions at different stages

处理 Treatments	叶龄 Leaf age						主茎叶片数 Leaf number of main stem
	06-02	06-08	06-15	06-22	06-28	07-05	
N1T1	4.6 a	5.6 a	6.6 a	7.8 a	8.6 a	9.6 a	10.8 a
N1T2	4.4 a	5.4 a	6.4 a	7.6 a	8.5 a	9.5 a	10.6 a
N1T3	4.4 a	5.5 a	6.5 a	7.8 a	8.6 a	9.6 a	11.0 a
N2T1	4.4 a	5.4 a	6.4 a	7.6 a	8.4 a	9.3 a	10.6 a
N2T2	4.6 a	5.6 a	6.5 a	7.7 a	8.5 a	9.5 a	10.7 a
N2T3	4.4 a	5.4 a	6.5 a	7.8 a	8.6 a	9.6 a	10.9 a
N1	4.5 a	5.5 a	6.5 a	7.8a	8.6 a	9.6 a	10.8 a
N2	4.5 a	5.5 a	6.5 a	7.7 a	8.5 a	9.5 a	10.8 a
T1	4.5 a	5.5 a	6.5 a	7.7 a	8.5 a	9.5 a	10.7 a
T2	4.5 a	5.5 a	6.5 a	7.7 a	8.5 a	9.5 a	10.7 a
T3	4.4 a	5.5 a	6.5 a	7.8 a	8.6 a	9.6 a	11.0 a

同一列中,数据后不同字母表示差异达0.05显著水平。下同。
Within a column, values followed by different are significantly different at $P<0.05$. The same below.

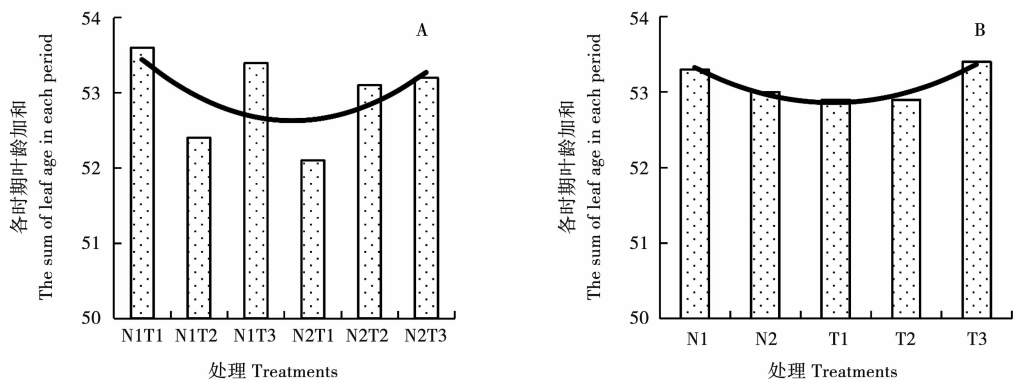


图 1 各处理各时期叶龄加和
Fig. 1 Summation of leaf age at different treatments and stages

2.1.2 分蘖动态 增加有效分蘖,控制无效分蘖,提高水稻成穗率对提高穗数有重要意义。由表 2 可知,各插秧密度下,不同施肥水平间从 6 月 8 日起开始出现差异,且 6 月 22 日-7 月 5 日差异达显著水平,成熟期(9 月 6 日)N1 分蘖数虽高于 N2,但差异不显著;不同氮肥水平下,随插秧密度

的降低分蘖数显著降低,且随时间的推移降低的幅度逐渐减小,成熟期虽呈 T1>T2>T3,但差异不显著。结合成穗率可以看出(图 2)N2T2 处理显著高于其他处理,且 N1T1 处理成穗率最低,显著低于其他处理,表明 T2 密度下有利于成穗率的提高,高肥高密度不利于成穗率的提高。

表 2 不同施氮量与插秧密度对寒地粳稻分蘖的影响

Table 2 E ffects of different nitrogen application amounts and transplanting densities on tillering of rice in cold region							
处理 Treatments	分蘖数 Tillering number						
	06-02	06-08	06-15	06-22	06-28	07-05	09-06
N1T1	139.9 a	148.7 a	235.3 a	408.5 a	481.8 a	512.8 a	417.4 a
N1T2	114.8 b	116.7 b	175.9 ab	359.3 b	420.4 ab	450.0 b	392.9 ab
N1T3	96.8 c	107.9 bc	196.7 ab	336.4 bc	406.2 b	439.5 b	374.5 ab
N2T1	142.1 a	142.1 a	215.3 ab	361.9 b	432.9 ab	464.0 ab	395.2 ab
N2T2	113.0 b	122.2 b	209.3 ab	350.0 bc	398.2 b	414.8 b	370.7 ab
N2T3	96.8 c	96.8 c	150.7 b	312.6 c	377.6 b	417.3 b	355.4 b
N1	117.2 a	124.4 a	202.7 a	368.0 a	436.1 a	467.5 a	394.9 a
N2	117.3 a	120.4 a	191.8 a	341.5 b	402.9 b	432.0 b	373.8 a
T1	141.0 a	145.4 a	225.3 a	385.2 a	457.3 a	488.4 a	406.3 a
T2	113.9 b	119.5 b	192.6 ab	354.7 ab	409.3 b	432.4 b	381.8 ab
T3	96.8 c	102.4 c	173.7 b	324.5 b	391.9 b	428.4 b	364.9 b

2.1.3 地上部干物质积累 由表 3 可知,不同施氮量与插秧密度对寒地粳稻茎鞘、叶片、穗以及总干物质质量影响显著。正常施氮水平下,齐穗期和齐穗后 25 d 干物质积累量均随插秧密度的减小而增加。相比于 T2,T1 处理齐穗期穗干物质质量降低显著,降幅为 8.52%,齐穗后 25 d 茎鞘、叶

片、穗和地上部总干物质质量均降低,降幅分别为 8.92%、10.51%、8.12%和 8.55%;T3 处理齐穗期和齐穗后 25 d 均无显著差异。减氮水平下齐穗期和齐穗后 25 d 干物质积累量均随插秧密度的减小而先升后降。各插秧密度下,齐穗期和齐穗后 25 d 干物质积累量均随施氮水平的降低而

显著降低。从肥密互作角度来看，N1T3 处理齐穗期和齐穗后 25 d 地上部干物质显著高于其他处理，表明正常施氮水平和较低的插秧密度更有利用水稻植株后期的生长。

表 3 不同施氮量与插秧密度对寒地水稻干物质积累的影响

Table 3 Effect of different nitrogen application amounts and transplanting densities on dry matter accumulation of rice in cold region								
处理 Treatments	齐穗期干物质积累 Dry matter accumulation at full heading stage/(kg·hm ⁻²)				齐穗后 25 d 干物质积累 Dry matter accumulation at 25 d after full heading stage/(kg·hm ⁻²)			
	茎鞘 Stem and sheath	叶片 Leaf	穗 Panicle	地上部 Aboveground part	茎鞘 Stem and sheath	叶片 Leaf	穗 Panicle	地上部 Aboveground part
N1T1	444.24 b	154.85 b	172.27 bc	771.36 c	420.61 bc	107.86 c	845.95 c	1374.43 cd
N1T2	495.67 ab	167.08 ab	193.67 ab	856.43 b	437.57b	125.66 ab	930.47 ab	1493.69 b
N1T3	529.87 a	180.14 a	212.95 a	922.96 a	481.22 a	131.49 a	1019.98 a	1632.69 a
N2T1	411.72 c	136.50 c	165.13 c	713.35 d	380.30 c	95.91 de	777.29 e	1253.50 d
N2T2	420.61 bc	142.34 bc	175.14 bc	738.09 cd	441.74 ab	102.03 cd	836.22 cd	1379.99 c
N2T3	358.06 d	127.05 c	147.06 d	632.17 e	330.26 d	86.74 e	725.86 f	1142.86 d
N1	489.93 ab	167.36 ab	192.96 ab	850.25 b	446.47 ab	121.67 ab	932.13 ab	1500.27 ab
N2	396.79 cd	135.30 c	162.44 c	694.54 d	384.10 c	94.89 de	779.79 e	1258.78 d
T1	427.98 bc	145.68 bc	168.70 c	742.36 cd	400.46 c	101.89 d	811.62 de	1313.97 d
T2	458.14 ab	154.71 b	184.41 ab	797.26 c	439.66 b	113.85 bc	883.35 bc	1436.84 bc
T3	443.97 ab	153.60 b	180.01 b	777.57 c	405.74 bc	109.12 bc	872.92 c	1387.78 c

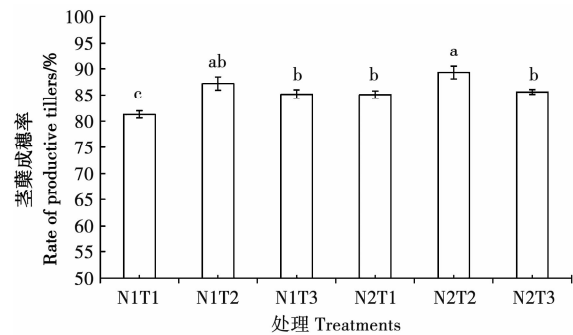


图 2 不同施氮量与插秧密度对寒地梗稻茎蘖成穗率的影响
Fig. 2 Effect of different nitrogen application levels and transplanting densities on spike rate of stem and tiller in rice in cold region

2.1.4 叶面积指数 由表 4 可知，不同施氮水平和插秧密度对各生育时期的叶面积影响达显著水平。各施氮水平下，随插秧密度的减小，分蘖期叶面积指数、抽穗期叶面积指数和抽穗期有效叶面积指数逐渐降低，T1 和 T2 处理下高效叶面积无显著差异，但均高于 T3；高效叶面积率显著升高；抽穗后 25 d 叶面积指数均呈先升后降趋势。各

插秧密度下，随氮肥施用水水平的降低，各生育时期的叶面积指数均显著降低，分蘖期降幅为 1.74%~9.38%，抽穗期降幅为 14.25%~20.70%，抽穗后 25 d 降幅为 24.92%~41.91%。表明随时间的推移，氮肥对叶面积指数的影响逐渐变大。抽穗期之前，N1T1 和 N1T2 相比于其他处理具有较高的叶面积指数；抽穗后 25 d，N1T2 和 N1T3 叶面积指数则显著高于其他处理。表明在水稻生育前期较高的氮肥和密度有利于叶面积的形成；抽穗后由于 N1T1 处理前期水稻群体过大，导致大量无效分蘖的消亡叶面积指数快速降低，而 N1T2 和 N1T3 群体结构良好，叶面积指数降低缓慢。

2.1.5 产量及产量构成因素的影响 由表 5 可知，不同施氮量和插秧密度对穗粒数、结实率、有效穗数以及产量均有显著影响。正常施氮水平下，以 T3 处理实测产量最高，而减氮水平下，以 T1 和 T2 处理实测产最高。表明同一水稻品种，在不同施氮水平下，均存在最佳的插秧密度。

表 4 不同施氮量与插秧密度对寒地水稻叶面积指数的影响

Table 4 Effects of different nitrogen application amounts and transplanting densities on rice leaf area index in rice in cold region						
处理 Treatments	分蘖期 Tillering stage	抽穗期 Heading stage				抽穗后 25 d 25 d after full heading stage
		总 LAI Total LAI	有效 LAI Efficient LAI	高效 LAI High efficiency LAI	高效叶面积率 High effective leaf area rate/%	
N1T1	3.44 a	4.14 a	3.81 a	3.35 a	80.92 d	3.25 b
N1T2	3.41 ab	3.92 ab	3.77 ab	3.34 a	85.20 bc	3.65 a
N1T3	3.20 d	3.72 b	3.62 b	3.30 ab	88.71 a	3.46 ab
N2T1	3.38 b	3.55 cd	3.41 c	2.95 c	83.11 cd	2.44 e
N2T2	3.18 d	3.36 d	3.32 cd	2.86 cd	85.12 b	2.45 e
N2T3	2.90 d	2.95 e	2.80 e	2.53 d	85.76 b	2.01 f
N1	3.35 b	3.93 ab	3.73 ab	3.36 a	84.94 c	3.45 ab
N2	3.15 d	3.29 d	3.18 d	2.75 cd	84.66 c	2.30 e
T1	3.41 ab	3.85 b	3.61 b	3.15 b	82.01 d	2.85 cd
T2	3.29 c	3.64 bc	3.55 bc	3.11 bc	85.16 b	3.05 c
T3	3.05 de	3.34 d	3.21 d	2.91 c	87.24 a	2.73 d

表 5 不同施氮量与插秧密度对产量及产量构成因素的影响

Table 5 Effects of different nitrogen application amounts and transplanting densities on yield and yield components					
处理 Treatments	有效穗数 Efficient panicle/ (个·m ²)	穗粒数 Number of spikes	千粒重 1000-grain weight/g	结实率 Seed setting rate/%	实测产量 Yield/ (kg·666.7m ²)
N1T1	420.8 a	123.1 c	25.2 a	78.8 e	681.4 b
N1T2	382.1 b	129.4 bc	25.5 a	82.1 c	690.4 ab
N1T3	359.8 bcd	141.1 a	25.2 a	84.8 ab	722.4 a
N2T1	379.0 bc	120.7 c	25.4 a	82.4 cd	634.1 c
N2T2	346.7 cd	126.8 bc	25.6 a	85.6 a	641.4 c
N2T3	323.2 d	133.2 ab	25.1 a	85.0 a	612.1 d
N1	387.6 a	131.2 a	25.3 a	81.9 cd	698.1 ab
N2	349.6 cd	126.9 b	25.4 a	84.3 ab	629.2 cd
T1	399.9 a	121.9 b	25.3 a	80.6 d	657.8 c
T2	364.4 bc	128.1 b	25.6 a	83.9 b	665.9 bc
T3	341.5 cd	137.2 a	25.2 a	84.9 ab	667.3 b

各施氮水平下,随插秧密度减小,有效穗数显著降低,穗粒数和结实率显著升高,千粒重和产量变化较小,无显著差异。相比于 T2,T1 处理下有效穗数升高了 9.32%~10.13%,穗粒数和结实率降低了 4.81%~4.87%和 3.74%~4.02%;T3 处理下,有效穗数降低了 5.84%~6.78%,穗粒数和结实率升高了 5.05%~9.04%和 -0.70%~3.29%。各插秧密度下,随氮肥施用

水平的降低,有效穗数、穗粒数和产量显著降低,结实率显著提高,千粒重无显著变化。相比于正常施氮,N2 处理有效穗数、穗粒数和产量分别降低9.26%~10.17%、1.95%~5.60%和6.94%~15.27%;结实率升高了 0.24%~4.57%。从肥密互作角度来看,N1T1 处理具有显著高于其他处理的有效穗数,N1T3 和 N2T3 具有高于其他处理的穗粒数和结实率,N1T3 和 N1T2 具有显

著高于其他处理的实测产量,表明不同的肥密条件对产量构成因素影响不同,且产量的改变是各个产量构成因素综合调控的。

2.2 不同施氮量与插秧密度对寒地水稻品质的影响

由表 6 可知,不同施氮量对寒地粳稻稻米品质影响显著。各插秧密度下,糙米率、青米率和蛋白质含量均随施氮水平的降低而显著降低,降幅分别为 4.04%、25.48%和 6.79%;直链淀粉和食味值则显著升高,增幅分别为 10.61%和 5.48%。

表 6 不同施氮量与插秧密度对寒地粳稻稻米品质的影响

Table 6 Effect of different nitrogen application amounts and transplanting densities on the quality of rice in cold region						
处理 Treatments	糙米率 BR/%	垩白率 CR/%	青米率 GR/%	蛋白质 Pro/%	直链淀粉 AC/%	食味值 EV
N1T1	81.1 a	10.8 a	21.6 a	7.87 a	18.3 cd	77.5 c
N1T2	82.0 a	9.3 ab	18.5 bc	7.77 ab	17.8 de	78.6 bc
N1T3	81.9 a	8.3 cd	22.4 a	7.63 ab	17.7 e	79.0 bc
N2T1	77.8 b	7.9 d	15.3 d	7.33 c	20.5 a	82.8 a
N2T2	78.3 b	8.7 bc	15.0 d	7.23 c	19.4 b	82.9 a
N2T3	78.7 b	8.5 bc	16.2 cd	7.27 c	19.6 b	82.6 a
N1	81.6 a	9.5 ab	20.8 ab	7.80 a	17.9 de	78.4 bc
N2	78.3 b	8.4 c	15.5 d	7.27 c	19.8 b	82.7 a
T1	79.6 ab	9.4 ab	18.5 bc	7.60 b	19.4 b	80.2 abc
T2	80.2 ab	9.0 b	16.8 c	7.50 b	18.6 c	80.5 ab
T3	80.1 ab	8.4 c	19.3 b	7.45 b	18.7 c	80.8 ab

3 结论与讨论

产量的提高并不是追求某一产量构成因子的提高,而是使各个产量构成因子间达到协调平衡的结果^[10]。本试验结果表明,常规施氮下,T1 和 T2 处理虽然具有较高的分蘖数,但同时也具有较低的穗粒数和结实率,综合导致其产量低于 T3 处理;减氮处理下则表现不同,T1 和 T2 处理下分蘖数较多,穗粒数和结实率受插秧密度影响较小,此时有效穗数占据产量形成的主导地位,因此,减氮条件下,以 T1 和 T2 处理产量较高。

水稻产量形成与水稻植株的生长发育的优劣有着直接关系^[11]。茎蘖动态影响着水稻群体的有效穗数,干物质积累量决定水稻植株内物质转移输送能力,叶面积指数影响着水稻植株光合同化能力。本研究结果表明,寒地粳稻茎蘖动态、干

表明高氮处理虽提高了磨米品质和蛋白质含量,较高的氮肥用量使植株贪青晚熟导致青米率也显著升高了,同时也降低了稻米食味值。各施氮水平下,插秧密度对稻米品质影响较小,其中 T3 处理垩白率显著低于 T1 和 T2 处理,T1 处理的直链淀粉含量显著高于 T2 和 T3。N2T1 处理下,具有显著低于其他处理的垩白率和显著高于其他处理的直链淀粉含量,使得该处理下具有较其他处理更好的稻米外观表现。

物质积累量、叶面积指数产量以及稻米品质均受施氮量和插秧密度的影响。减氮处理下,显著降低以上指标,从物质生产源头限制了产量的形成,从而显著降低产量,同时也综合提高了稻米食味值。常规施氮水平下,随插秧密度的降低分蘖数显著降低,抽穗后干物质积累量显著升高,叶面积指数在生育前期呈降低趋势,生育后期由于单位土地供应养分能力的充足使面积指数降低缓慢,从而表现为先升后降趋势;减氮水平下,随插秧密度的降低分蘖数和叶面积指数均呈降低趋势,但抽穗后干物质积累量呈先升后降趋势,可能是由于 T2 处理下,水稻群体具有较好的群体结构,具有较高的净光合速率,更有利于光合生产。

稻米品质形成与水稻植株生长发育过程相辅相成,是各种营养物质通过一定的转化积累而形成的过程^[12]。前人研究认为,氮肥施用量与稻米

品质呈一定的负相关关系,增施氮肥会使稻米品质变劣^[13-14]。但也有认为,施氮能够提高稻米品质^[15-16]。本试验结果表明,施氮水平提高,稻米的糙米率、青米率和蛋白质含量增加,直链淀粉含量和食味值显著降低。各施氮水平下,插秧密度对稻米品质影响较小。综合产量与稻米品质,本试验认为常规施氮处理与 T3 插秧规格相结合为最佳的肥密调控措施。

参考文献:

[1] FAO. Statistical databases[DB/OL]. (2017-11-17) <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.

[2] 范名字,王晓菁,王旭虹,等. 稻米支链淀粉结构的研究进展[J]. 中国水稻科学,2017,31(2):124-132.

[3] 周培南,冯惟珠,许乃霞,等. 施氮量和移栽密度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),2001,22(1):27-31.

[4] 林桂海,隗平华,潘永忠,等. 施氮量对水稻产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学,2015,54(3):590-592.

[5] 姜辉,王秋菊,孟英,等. 寒地水稻不同施氮水平对水稻产量、品质的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(14):222-225.

[6] Chaturvedi I. Effect of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality of hybrid rice(*Oryza sativa* L.) [J]. Journal of Central European Agriculture,2005,6(4):616-618.

[7] 吴春赞,叶定池,林华,等. 栽插密度对水稻产量及品质的影

响[J]. 中国农学通报,2005,21(9):190-191.

[8] 刘洋. 插秧密度对两种不同穗型水稻品种糖代谢及稻米品质的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2014.

[9] 张忠臣,刘海英,高红秀,等. 施肥量和穴内插秧密度对寒地粳稻产量和品质性状的影响[J]. 作物杂志,2012(3):99-104.

[10] 杨惠杰,李义珍. 超高产水稻的产量构成和库源结构[J]. 福建农业学报,1999,14(1):1-5.

[11] 马晓明,朱宝国,徐显国,等. 控释氮肥对寒地水稻植株生长发育及产量的影响[J]. 农学学报,2013,3(3):1-3.

[12] 殷春渊,王玉玉,薛应征,等. 氮肥处理对水稻穗部性状和品质的影响[J]. 天津农业科学,2013,19(1):15-19.

[13] 李俊周,邵鹏,彭廷,等. 施氮量对杂交水稻 Y 两优 886 产量、稻米品质及氮肥吸收利用的影响[J]. 杂交水稻,2017,32(6):50-54.

[14] Hong K P, Kim E S, Lee B J, et al. Influences of growing location, culture practices and application of organic manure on grain yield and quality in rice (*Oryza sativa* L.) [J]. RDA Journal of Agricultural Science (Korea Republic), 1993.

[15] 张上都,伍祥,涂敏,等. 氮肥水平对 Y 两优 585 稻米品质的影响[J]. 贵州农业科学,2014,42(11):105-108.

[16] 从夕汉,施伏芝,阮新民,等. 氮肥水平对不同基因型水稻氮素利用率、产量和品质的影响[J]. 应用生态学报,2017,28(4):1219-1226.

Effects of Different Nitrogen Application Amount and Transplanting Density on Rice Growth and Qualities in Cold Region

WANG Li-ping, XIE Bao-sheng, GU Chun-mei, ZANG Jia-xiang, DU Jin-ling, NA Yong-guang
(Rice Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Reclamation Sciences, Jiamusi 154007, China)

Abstract: In order to establish high-yield and high-quality cultivation techniques for rice in cold regions, we studied the growth and development of japonica rice in cold region under different N application level and transplanting density. Kendao 26 was selected as test materials, the experiment set two kinds of N application levels (250 and 200 kg·hm⁻²) and three transplanting densities (30 cm×10 cm; 30 cm×12 cm (CK); 30 cm×14 cm). The results showed that N application level and transplanting density had significant effects on tiller dynamics, leaf area index, dry matter accumulation of above ground and yield of japonica rice in cold region. The tiller number, leaf area index, shoot dry matter accumulation and yield of japonica rice in cold region were increased with the increase of nitrogen application level, while the brown rice rate, green rice rate and protein content were significantly increased with the increase of nitrogen application level, and amylose content and taste value were significantly decreased. The effect of transplanting density on the growth and development of japonica rice in cold region was different due to different fertilization levels. With the decrease of transplanting density, the tiller number of japonica rice decreased, while leaf area index, dry matter accumulation of above ground and yield decreased first and then increased under conventional nitrogen application level. Under different nitrogen levels, transplanting density had no significant effect on the quality of japonica rice in cold region. Considering the effect of fertilizer and density on yield and quality, the best treatment for this experiment was N1T3 (urea 250 kg·hm⁻², diammonium phosphate 155.4 kg·hm⁻², potassium chloride 119.1 kg·hm⁻², and plant×row spacing 30 cm×14 cm).

Keywords: nitrogen application rate; transplanting density; rice; yield; rice quality