

文章编号: 1003-8701(2007)04-0003-03

# 水稻不同施氮量及密度与米质关系的研究

宋继娟, 柳金来, 刘荣清, 周柏明, 崔明元, 王晓蔷

(吉林省通化市农业科学研究院, 吉林 梅河口 135007)

**摘要:** 在低氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈直线关系, 即密度越密直链淀粉含量越低; 在高氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈曲线关系, 栽培密度 13.4~16.0 穴/m<sup>2</sup> 直链淀粉含量达到最高值。0~135 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下的密度与蛋白质含量呈曲线关系, 而 180 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下的密度与蛋白质含量呈直线关系。

**关键词:** 水稻; 施肥; 密度; 米质

中图分类号: S511.045

文献标识码: A

优质稻米品质是指具有良好的外观、卫生、蒸煮、食用以及营养较高的商品大米。主要内容有碾米品质(加工品质)、营养品质、卫生品质、外观品质、蒸煮及食用品质等方面。加工品质的高低即出米率高低, 它关系到生产者经济效益, 成为生产优质米的动力; 外观品质是稻米的外表物理特性即商品品质, 它主要包括稻米粒的大小、形状、垩白等; 蒸煮及食用品质在蒸煮和食用过程中所表现的各种理化及感官特性, 即吸水性、溶解性、延伸性、糊化性、膨胀性以及热饭和冷饭柔软性、弹性、香、色、味等, 它是消费者最有权威的一项适口性品质指标, 只有该项品质优良才具有市场潜力; 营养品质指稻米中蛋白质、直链淀粉、氨基酸及各种主要矿质元素的含量高低。为明确各群体结构与稻米品质的关系, 将连续二年的稻米品质主要测试结果列于表 1。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点及土壤

试验于2000~2001年在通化市农业科学研究院水田试验地进行。供试土壤为白浆型水稻土, 土壤0~20 cm耕层有机质含量3.41%、碱解氮152.9 mg/kg、速效磷(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)22.7 mg/kg、速效钾(K<sub>2</sub>O)107 mg/kg。

### 1.2 试验处理

#### 1.2.1 密度处理

10.2 穴/m<sup>2</sup>、12.5 穴/m<sup>2</sup>、16.7 穴/m<sup>2</sup>、25 穴/m<sup>2</sup> 共 4 种密度。每穴移栽基本苗 3 株。

#### 1.2.2 施肥处理

N180+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69+K<sub>2</sub>O 90kg/hm<sup>2</sup>、N135+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69+K<sub>2</sub>O 90kg/hm<sup>2</sup>、N90+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69+K<sub>2</sub>O 90kg/hm<sup>2</sup>、N45+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69+K<sub>2</sub>O 90kg/hm<sup>2</sup>; N0+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 69+K<sub>2</sub>O 90kg/hm<sup>2</sup>。氮肥采用尿素, 磷肥采用重过磷酸钙, 钾肥采用氯化钾。

### 1.3 试验设计及过程

试验采取二因素随机区组设计。肥料设5个大区, 每个大区面积120 m<sup>2</sup>, 每个大区又设4个密度小区, 每个密度小区面积30 m<sup>2</sup>, 重复3次, 共计20个小区。每个肥料区四周用泥土筑成池埂, 埂上覆盖塑料薄膜。水分管理实行单排单灌。供试水稻品种为五优1号(中晚熟品种)。试验采用旱育苗, 于4月13日播种, 播种量150 g/m<sup>2</sup>。5月23日插秧, 每穴插3株秧苗。田间管理及病虫草害防治与当地生产田相同。

收稿日期: 2006-12-08

作者简介: 宋继娟(1965-), 女, 副研究员, 主要从事水稻栽培及育种研究。

## 1.4 稻米品质测试

糙米率、精米率、整精米率、垩白米率、垩白度测定参照张龙步编写的《水稻田间试验方法与测定技术》。蛋白质与直链淀粉含量测定采用布鲁克光谱仪器公司制造近红外傅立叶测定仪进行测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 施氮及移栽密度与直链淀粉含量的关系

直链淀粉含量:指精米中直链淀粉含量占淀粉含量的百分比率。是稻米的主要成分,又是供给人体所需热量的来源。可分为两种成分:一是可溶解部分,称为直链淀粉;另一种是不溶解部分称为支链淀粉。直链淀粉含量的高低与米饭的黏性、柔软性、光泽度等食味品质有密切关系。

根据表1的品质测试结果进行分析:得出0 kg/hm<sup>2</sup>、45 kg/hm<sup>2</sup>和90 kg/hm<sup>2</sup>3个氮肥处理区的栽培密度与直链淀粉含量关系式:

$$Y_{[0\text{ kg/hm}^2]}=18.2452-0.0214x; r=0.9876$$

$$Y_{[45\text{ kg/hm}^2]}=18.1448-0.0261x; r=0.9946$$

$$Y_{[90\text{ kg/hm}^2]}=18.0099-0.0270x; r=0.8537$$

由以上3个关系式反映出:在这3个氮肥处理下水稻栽培密度与直链淀粉含量表现相同的变化趋势,即水稻栽培密度越密直链淀粉含量越低,表现明显的直线关系,并且呈显著或极显著负相关。由上式又反映出,在低氮肥条件下水稻栽培密度提高1穴/m<sup>2</sup>,直链淀粉含量可降低0.021%~0.027%,并随着氮肥用量的提高直链淀粉含量降低幅度增大。氮肥施用量135 kg/hm<sup>2</sup>、180 kg/hm<sup>2</sup>处理下的密度与直链淀粉含量呈曲线效应关系,其效应方程式如下:

$$Y_{[135\text{ kg/hm}^2]}=16.55842+0.1937x-0.006038x^2, F=24.2680$$

$$Y_{[180\text{ kg/hm}^2]}=17.3678+0.071826x-0.002687x^2, F=20.2794$$

由该效应方程式反映出:在135 kg/hm<sup>2</sup>氮肥用量下,水稻栽培密度16穴/m<sup>2</sup>条件下直链淀粉含量达最高值。180 kg/hm<sup>2</sup>氮肥用量条件下,水稻栽培密度12.5穴/m<sup>2</sup>条件下直链淀粉含量达到最高值。由此可见,在低氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈直线关系,即密度越密直链淀粉含量越低;在高氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈曲线关系,栽培密度12.5~16.7穴/m<sup>2</sup>直链淀粉含量达到最高值。

表1 各处理区的品质测试结果

氮肥量(kg/hm <sup>2</sup> )	密度(穴/m <sup>2</sup> )	直链淀粉含量(%)	蛋白质含量(%)	糙米率(%)	精米率(%)	整精米率(%)	垩白米率(%)	垩白度(%)
0	25.0	17.4	7.1	78.3	71.8	68.5	2.8	0.02
	16.7	17.4	7.3	79.0	72.1	71.0	2.5	0.02
	12.5	17.7	7.4	79.3	72.2	71.5	1.5	0.01
	10.2	17.8	7.3	78.9	72.3	70.6	2.8	0.05
平均		17.6	7.3	79.8	72.1	70.6	2.4	0.03
45	25.0	17.5	7.7	77.9	72.1	68.0	8.0	0.21
	16.7	17.7	7.8	78.4	72.6	69.7	8.5	0.19
	12.5	17.8	7.7	78.8	72.5	70.8	8.0	0.26
	10.2	17.9	7.6	78.6	72.5	68.8	8.0	0.24
平均		17.7	7.7	78.4	72.4	69.3	8.1	0.23
90	25.0	17.7	7.7	75.4	72.3	68.6	9.5	0.80
	16.7	17.9	7.9	75.1	70.7	68.0	16.0	0.62
	12.5	18.0	7.9	77.9	71.4	68.9	15.0	1.43
	10.2	18.0	7.8	78.1	73.0	70.7	11.5	1.25
平均		17.9	7.8	76.6	71.9	69.1	13.0	1.03
135	25.0	17.6	7.8	78.6	71.0	68.8	14.5	3.29
	16.7	18.2	8.2	77.4	70.1	68.8	11.8	2.07
	12.5	18.0	7.9	75.6	70.1	68.1	11.8	2.08
	10.2	17.9	7.8	74.3	70.4	68.0	13.1	2.02
平均		17.9	7.9	76.5	70.4	67.7	12.8	2.37
180	25.0	17.5	7.7	77.3	69.8	64.7	22.0	2.82
	16.7	17.8	7.8	77.4	69.4	63.9	17.5	3.61
	12.5	17.9	7.9	69.7	64.1	54.7	15.5	3.60
	10.2	17.8	7.9	76.1	68.1	61.9	17.5	2.80
平均		17.8	7.8	75.1	67.9	61.3	18.1	3.21

## 2.2 移栽密度与蛋白质含量的关系

蛋白质含量是指糙米粗蛋白含量的百分率。蛋白质是稻米中的第二大成分, 仅次于淀粉, 是稻米中最主要的含氮物质, 又是被人体最易吸收的理想植物蛋白, 是人和动物重要的营养物质。精米的蛋白质含量比糙米低, 但两者呈高度的正相关。精米在精碾过程中, 其精碾度不易控制一致, 误差较大, 蛋白质含量的测定结果不可靠。因此, 一般以糙米的蛋白质代表该品种的蛋白质含量。稻米中蛋白质含量的提高, 一方面提高了稻米的营养品质, 但同时又降低了米饭的食味。精白米的蛋白质含量与米饭食味呈负相关的原因在于: 蛋白质含量的增加会引起米饭弹性降低和增加硬度。所以优质稻米必须保持适量的蛋白质含量。

根据表 1 测试的蛋白质含量进行一元二次和直线回归分析, 得出各氮肥用量条件下的不同密度(Y)与蛋白质含量(X)之间的效应方程。其中, 0、45、90、135 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下的密度与蛋白质含量呈曲线关系, 而 180 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下的密度与蛋白质含量呈直线关系, 各氮肥用量下的密度与蛋白质含量的关系式如下:

$$Y_{[0 \text{ kg/hm}^2]} = 7.012 \ 645 + 0.050 \ 58x - 0.001 \ 896x^2, F = 6.242 \ 867$$

$$Y_{[45 \text{ kg/hm}^2]} = 6.656 \ 55 + 0.129 \ 949x - 0.003 \ 691x^2, F = 922.479$$

$$Y_{[90 \text{ kg/hm}^2]} = 7.182 \ 6 + 0.090 \ 035x - 0.002 \ 79x^2, F = 27.901 \ 94$$

$$Y_{[135 \text{ kg/hm}^2]} = 5.928 \ 1 + 0.251 \ 9x - 0.007 \ 07x^2, F = 12.237 \ 48$$

$$Y_{[180 \text{ kg/hm}^2]} = 8.057 \ 6 - 0.0144x^2$$

由上式反应出: 在无氮肥处理下 12.5 穴 /m<sup>2</sup> 密度时的蛋白质含量最高; 45 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下 16.7 穴 /m<sup>2</sup> 密度时的蛋白质含量最高; 90 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下 12.5 与 16.7 穴 /m<sup>2</sup> 密度的蛋白质含量最高; 135 kg/hm<sup>2</sup> 氮肥用量下 16.7 穴 /m<sup>2</sup> 密度时的蛋白质含量最高。由此反映出, 氮肥用量在 0 ~ 135 kg/hm<sup>2</sup> 范围内, 12.5 ~ 16.7 穴 /m<sup>2</sup> 密度时的蛋白质含量最高, 这将为今后优质米生产提出最佳密度。

## 2.3 氮肥用量、密度与碾米品质、垩白的关系

稻米品质中垩白是衡量稻米外观品质和商品价值十分重要的经济性状。广大生产者和消费者都十分关心这一性状。垩白是指稻米胚乳中不透明的部分, 根据发生的部位又可分为心白、腹白和背白。稻米的垩白形成是水稻在灌浆成熟过程中胚乳中淀粉和蛋白质积累较快, 疏松充气所致。垩白之所以不透明是因为淀粉粒排列疏松颗粒间充气, 光线折射所致。垩白率是指具有垩白的米粒占全部样品米粒的百分数, 垩白度则表示垩白的面积占总面积的百分比, 垩白度高的稻谷, 在碾米时容易产生较多的碎米, 从而影响稻米的整精米率及商品价值。腹白的大小直接影响大米胚乳的透明度, 从而影响了稻米的外观。将各处理区的测试结果进行相关分析(表 2)看出: 氮肥用量和密度对碾米品质和垩白度都有明显的影响作用, 其中氮肥的影响作用明显大于密度。

表 2 氮肥用量、密度与碾米品质、垩白的相关系数

密度(穴/m <sup>2</sup> )	氮肥(kg/hm <sup>2</sup> )	糙米率(%)	精米率(%)	整精米率(%)	垩白米率(%)	垩白度(%)
25.0	0~180	-0.161 7	-0.788	-0.627 4	0.976 9**	0.901 8*
16.7	0~180	-0.447 0	-0.929*	-0.835 3	0.871 3	0.941 4*
12.5	0~180	-0.900 7*	-0.859	-0.858 4	0.868 4	0.975 8**
10.2	0~180	-0.800 9	-0.820	-0.798 9	0.988 7**	0.985 8**
25~10.2	0	-0.819 9	-0.997**	-0.841 2	0.373 4	0.416 5
25~10.2	45	-0.936 6*	-0.807	-0.585 7	0.061 4	-0.607 0
25~10.2	90	-0.805 7	-0.093	-0.290 9	-0.468 0	-0.680 0
25~10.2	135	0.952 9*	0.742 5	0.543 8	0.649 7	0.921 5*
25~10.2	180	0.481 6	0.595 7	0.584 5	0.879 1*	-0.247 0

注: 氮肥:n=4, R<sub>0.05</sub>=0.811 4, R<sub>0.01</sub>=0.917 2; 密度:n=5, R<sub>0.05</sub>=0.878 3, R<sub>0.01</sub>=0.958 7

## 3 结 论

在低氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈直线关系, 即密度越稀直链淀粉含量越低; 在高氮肥用量下水稻直链淀粉含量与栽培密度呈曲线关系, 栽培密度 12.5 ~ 16.7 穴 /m<sup>2</sup>(下转第 16 页)

- [16]朱金宝. 小麦品质性状遗传及性状相关的研究[J]. 莱阳农学院学报, 1988, 5(2): 1-6.
- [17]蔡秋芳, 李世平, 宋希云, 等. 普通小麦品质性状强优势组合选配规律研究[J]. 莱阳农学院学报, 1998, 15(2): 89-93.
- [18]阮仁武, 傅大雄, 戴秀梅. 小麦主要产量性状的杂种优势和遗传分析[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(1): 141-145.
- [19]张爱民, 刘冬成, 黄铁成, 等. 杂种小麦育种战略[J]. 中国农业科技学报, 2002, 4(5): 42-48.

## Analysis of Heterosis on Main Characteristics in $F_1$ of Different Crossing Combination of Wheat

ZHAO Yong-hou

(Horticultural College, Laiyang Agricultural University, Qingdao 266109, China)

Abstract: In this study, 24 genotypes of wheat and 12 of their  $F_1$  hybrids were planted in the same field. The analysis of heterosis on their main characters showed that difference on the same character among 12 crossing combinations was significant. The characters of weight per ear, 1000 grain weight and heading degree have the higher heterosis. The results also showed that the ameliorative index could become the guideline when selecting high heterosis and there were some relationship between the difference of the two parents and the heterosis of their  $F_1$  hybrids.

Key words: Wheat; Ameliorative character; Heterosis

(上接第 5 页)时的直链淀粉含量达到最高值。

氮肥用量在 0、45、90、135  $\text{kg}/\text{hm}^2$  密度与蛋白质含量呈曲线关系; 氮肥用量在 135  $\text{kg}/\text{hm}^2$  条件下密度与蛋白质含量呈直线关系。12.5~16.7 穴/ $\text{m}^2$  密度时的蛋白质含量达到最高值。

氮肥用量和密度对碾米品质和垩白度都有明显的影响作用, 其中氮肥的影响作用明显大于密度。

### 参考文献:

- [1] 张龙步, 等. 水稻田间试验方法与测定技术[M]. 沈阳: 辽宁省科学技术出版社, 1993.
- [2] 张三元, 等. 水稻品种稻米品质研究 I 不同环境条件对稻米品质的影响[J]. 吉林农业科学, 1998(4): 6-9.
- [3] 柳金来, 宋继娟, 周柏明, 等. 氮肥施用量与水稻品质的关系[J]. 土壤肥料, 2005(1): 19-23.
- [4] 熊振民, 蔡洪法. 中国水稻[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1992, 164-172.
- [5] 柳金来, 宋继娟. 水稻长期施用钾肥的增产效应及施用方法[J]. 农业科技, 1995(5): 22.
- [6] 奥野员敏. 米のたんぱく質と脂質. 日本の稻育种, 1992, 186-196.

## Studies on Relationships between Plant Density and Nitrogen Application and quality of Rice

SONG Ji-juan, LIU Jin-lai, LIU Rong-qing, et al.

(Tonghua Academy of Agricultural Sciences, Hailong 135007, China)

Abstract: Amylose content of rice was negatively linear correlated with plant density under low nitrogen application, i.e. amylose content was lower when plant density increased. Whereas amylose content of rice was curve correlated with plant density under high nitrogen application. Amylose content was the highest when plant density was 13.4~16.0 hills/ $\text{m}^2$ . Protein content was curve correlated with plant density when nitrogen application was 0~135  $\text{kg}/\text{hm}^2$ . Protein content was linear correlated with plant density when nitrogen application was 180  $\text{kg}/\text{hm}^2$ .

Key words: Rice; Fertilizer; Plant density; Quality of rice