

钱永德,郑桂萍,李小蕾,等. 氮镁耦合对粳稻龙粳 20 稻米外观品质和加工品质的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(7):40-44.

# 氮镁耦合对粳稻龙粳 20 稻米外观品质和加工品质的影响

钱永德<sup>1</sup>, 郑桂萍<sup>1</sup>, 李小蕾<sup>1</sup>, 胡远富<sup>2</sup>

(1. 黑龙江八一农垦大学农学院, 黑龙江大庆 163319; 2. 黑龙江双峰农场, 黑龙江密山 158308)

**摘要:**2009—2010 年,以粳稻品种龙粳 20 为供试材料,采取裂区设计,研究氮、镁耦合对寒地粳稻加工品质的影响。结果表明,肥料单独施用,增施氮肥使垩白率提高,施氮量与整精米率呈单峰曲线,施镁量与垩白率及整精米率均呈单峰曲线;氮镁耦合时,副处理镁对籽粒垩白率、整精米率的影响均达到极显著水平;在不同主处理氮水平下,施镁 225.0~337.5 kg/hm<sup>2</sup> 范围内稻米的垩白率、整精米率较理想。

**关键词:**粳稻;氮;镁;垩白率;整精米率

**中图分类号:** S511.2<sup>+</sup>20.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)07-0040-05

近年来,随着生产条件的改善、品种的改进以及增施氮肥和栽培技术的演进,水稻产量尤其单产不断提高,为缓解国家粮食尤其口粮安全起了至关重要的作用。由于人口增加和市场经济的发展,水稻生产效益颇为可观,施用氮肥也成为提高水稻产量的最重要栽培措施<sup>[1-3]</sup>。然而,随着稻谷单产的逐步提高,低劣稻米品质成为施用过多氮肥最可能出现的负面效应<sup>[4-7]</sup>,同时,稻米外观品质(垩白率、垩白度)和加工品质(整精米率)成为衡量水稻生产效益的重要参考指标<sup>[8]</sup>。因此研究氮肥等养分施用对稻米品质的影响具有重要的现实意义。

本试验在不同氮、镁用量条件下,研究氮、镁耦合对稻米外观品质和加工品质的影响,为水稻高产高效施肥技术提供理论和实践依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

2009 年、2010 年试验在密山试验区进行,试验地地处黑龙江省东南部,131°87'E、45°54'N,年平均气温 1.9~2.3℃,

年均降水量 460~550 mm,年日照时数 2 360~2 550 h,属中温带大陆性季风气候。试验地土壤碱解氮 136.3 mg/kg、有效磷 17.35 mg/kg、速效钾 52.58 mg/kg、有机质 2.53%,土壤 pH 值 5.8。

### 1.2 供试品种

为黑龙江省大面积推广的早粳稻品种龙粳 20,主茎 11 叶,需活动积温 2 300℃。

### 1.3 试验设计

采取裂区设计(见表 1),以施氮量为主区,施镁量为副区,施肥量各设 5 个水平。氮肥以尿素为准,用量依次为 0、112.5、225.0、337.5、450.0 kg/hm<sup>2</sup>;镁肥以硫酸镁为准,用量依次为 0、112.5、225.0、337.5、450.0 kg/hm<sup>2</sup>。氮肥按基肥:蘖肥:穗肥:粒肥=4:3:2:1 的比例分配,镁肥全部用作基肥一次施用。每小区面积 30 m<sup>2</sup>(1.5 m×20.0 m),各小区之间用“V”形板隔离,单排水,单灌水,3 次重复。本田行、穴距 30 cm×12 cm,每穴 4 苗,田间其他管理与常规相同。

### 1.4 测定项目及标准

成熟期采集稻谷样品,于阴凉通风处风干至含水量 14.5%,然后按照《中国农业标准汇编—粮油作物卷》的标准进行品质测定。

**1.4.1 外观品质** 垩白度、垩白率,用日本静冈机械株式会社生产的 ES-1000 便携式品质分析仪进行测定。

**1.4.2 加工品质** 糙米加工采用 FC-2K 型实验砬谷机(YAMAMOTO,离心式),砬谷 2 次,称量糙米重量,精确度

收稿日期:2013-02-09

基金项目:黑龙江科技厅重大项目(编号:GA10B102);黑龙江省农垦总局科技攻关项目(编号:HNK11A-01-02);黑龙江省重点学科群“黑龙江优质米生产全程化”资金支持。

作者简介:钱永德(1973—),男,黑龙江依兰人,博士,副教授,主要从事寒地水稻栽培与生理研究。E-mail:byndqyd@163.com。

## 参考文献:

- [1]王嘉祥. 蓝浆果优良品种及栽培技术[J]. 中国南方果树,2005,34(4):5-8.
- [2]陈慧都,郝瑞,关爱年,等. 越桔组织培养与工厂化育苗技术研究[J]. 中国农业科学,1990,23(3):44-50.
- [3]金炜,陈品良,顾渊. 植物激素对越桔组织培养中侧芽增殖的影响[J]. 植物学通报,1991,8(2):53-54.
- [4]刘树英,张志东,吴林,等. 兔眼越桔芽增生诱导培养基及激素的筛选[J]. 吉林农业大学学报,2002,24(1):55-57.
- [5]刘庆忠,赵红军. 高灌蓝莓的组织培养及快速繁殖[J]. 植物生理学通讯,2002,38(3):253.

- [6]黄文江,刘庆忠,阚显照. 高灌蓝莓离体繁殖的研究[J]. 安徽农业大学学报:自然科学版,2004,27(3):314-317.
- [7]马怀宇,李亚东,刘庆忠,等. 高丛越橘离体叶片再生植株研究初报[J]. 东北农业大学学报,2004,35(2):129-134.
- [8]姚平,孙书伟. 蓝莓组织培养瓶内复壮瓶外生根快繁技术[J]. 北方园艺,2009(4):161-162.
- [9]孙书伟. 蓝莓组培苗瓶内生根的探讨[J]. 湖北农业科学,2009,48(4):786-788.
- [10]李亚东. 越橘(蓝莓)栽培与加工利用[M]. 长春:吉林科学技术出版社,2001.
- [11]陈宗礼,刘建玲,延志莲,等. 植物快繁中有效快繁速度与商品苗总产量的计算与控制[J]. 西北植物学报,1999,19(3):422-427.

表 1 试验各处理施肥量

处理号	施肥量 (kg/hm <sup>2</sup> , 商品量)		处理号	施肥量 (kg/hm <sup>2</sup> , 商品量)	
	尿素	七水硫酸镁		尿素	七水硫酸镁
	(含 N 46.6%)	(99%)		(含 N 46.6%)	(99%)
N <sub>0</sub> Mg <sub>0</sub>	0.0	0.0	N <sub>2</sub> Mg <sub>3</sub>	225.0	337.5
N <sub>0</sub> Mg <sub>1</sub>	0.0	112.5	N <sub>2</sub> Mg <sub>4</sub>	225.0	450.0
N <sub>0</sub> Mg <sub>2</sub>	0.0	225.0	N <sub>3</sub> Mg <sub>0</sub>	337.5	0.0
N <sub>0</sub> Mg <sub>3</sub>	0.0	337.5	N <sub>3</sub> Mg <sub>1</sub>	337.5	112.5
N <sub>0</sub> Mg <sub>4</sub>	0.0	450.0	N <sub>3</sub> Mg <sub>2</sub>	337.5	225.0
N <sub>1</sub> Mg <sub>0</sub>	112.5	0.0	N <sub>3</sub> Mg <sub>3</sub>	337.5	337.5
N <sub>1</sub> Mg <sub>1</sub>	112.5	112.5	N <sub>3</sub> Mg <sub>4</sub>	337.5	450.0
N <sub>1</sub> Mg <sub>2</sub>	112.5	225.0	N <sub>4</sub> Mg <sub>0</sub>	450.0	0.0
N <sub>1</sub> Mg <sub>3</sub>	112.5	337.5	N <sub>4</sub> Mg <sub>1</sub>	450.0	112.5
N <sub>1</sub> Mg <sub>4</sub>	112.5	450.0	N <sub>4</sub> Mg <sub>2</sub>	450.0	225.0
N <sub>2</sub> Mg <sub>0</sub>	225.0	0.0	N <sub>4</sub> Mg <sub>3</sub>	450.0	337.5
N <sub>2</sub> Mg <sub>1</sub>	225.0	112.5	N <sub>4</sub> Mg <sub>4</sub>	450.0	450.0
N <sub>2</sub> Mg <sub>2</sub>	225.0	225.0			

0.1 g; 精米加工采用日本公司生产的 VP-32 型实验碾米机 (YAMAMOTO, 直立式), 称精米重, 精确度 0.1 g。采用谷粒判别器 (ES-1000, 日本产) 分离整精米, 计算整精米率。

1.5 试验数据处理

采用 DPS 和 EXCEL 软件处理试验所得数据, 并进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对稻米外观品质的影响

2.1.1 对稻米垩白率的影响 表 2 是 2009 年各施肥处理稻米垩白率方差分析结果。肥料单独施用, 施用氮、镁稻米垩白率均增多, 随施氮量提高而增多、随施镁量增加先升高后下降。配合施用以后, 氮、镁及其互作效应对稻米垩白率均有极显著影响: 施氮增加垩白率, 施镁减少垩白率, 不同处理间有明显差异。

表 3 是 2010 年水稻不同氮、镁配合施用稻米的垩白率多重分析结果。肥料单独施用与配合施用的效果有差异。当肥

表 2 不同施肥处理稻米垩白率的方差分析比较结果 (LSD 法, 2009 年)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的垩白率 (%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	6.3bB	6.7abAB	7.4aA	6.5bAB	6.3bAB	4.0	0.043 9
112.5	8.5	8.9	7.8	8.4	8.3	0.3	0.841 7
225.0	11.3	10.4	9.4	10.4	10.4	0.9	0.497 4
337.5	10.8bA	11.5abA	10.5bA	11.9abA	12.5aA	2.9	0.091 3
450.0	14.3aA	10.4bB	8.6cC	11.3bB	11.6bB	30.1	0.000 1
镁效应	10.2aA	9.6aAB	8.7bB	9.7aA	9.8aA	5.4	0.001 4

施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的垩白率 (%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	6.3dD	8.5cCD	11.3bB	10.8bBC	14.3aA	27.0	0.000 1
112.5	6.7cC	8.9bBC	10.4abAB	11.5aA	10.4abAB	15.2	0.000 8
225.0	7.4cB	7.8bcB	9.4abAB	10.5aA	8.6bcAB	5.6	0.018 8
337.5	6.5cB	8.4bcAB	10.4abA	11.9aA	11.3aA	8.4	0.005 8
450.0	6.3dC	8.3cBC	10.4bAB	12.5aA	11.6abA	22.7	0.000 2
氮效应	6.6dC	8.4cB	10.4bA	11.4aA	11.2abA	46.8	0.000 0
互作效应						3.9	0.000 2

注: 表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

料单独施用时, 垩白率随施氮量或施镁量增加先升高然后下降, 不同氮水平间或镁水平间差异显著 (F 值分别为 17.455 0\*\* 和 4.824 0\*); 氮、镁配合后, 主处理氮、副处理镁及主、副处理的互作效应对稻米垩白率影响均达到极显著水平, 垩白率因施用氮肥而增大, 在不同氮水平中, 配合用镁肥 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 时稻米垩白率较低, 如施氮 450.0 kg/hm<sup>2</sup> + 镁 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 处理垩白率比不施镁肥处理降低 55.7%。

试验结果表明, 在同等氮肥施用量下配合施用不同数量的镁肥可以有效调节稻米垩白率, 垩白率较低的群体大多集中在施镁 (商品量) 225.0 ~ 337.5 kg/hm<sup>2</sup> 范围内, 表现为高氮配合中等用量镁肥降低垩白率有明显效果。

通过方差分析表明, 龙粳 20 稻米垩白率在 2009 年与 2010 年之间存在极显著差异 (F = 267.8 > F<sub>0.01</sub> = 7.194 2)。

2.1.2 对稻米垩白度的影响 2009 年试验结果 (表 4) 表明, 肥料单独施用时, 有低镁量增加稻米垩白度、高镁量减小稻米垩白度的趋势; 增施氮肥垩白度增加, 而且随施氮量增多

垩白度有先增大然后减小的趋势。氮镁配合后, 主处理氮、副处理镁及主、副处理的互作效应对稻米垩白度影响达到极显著水平, 垩白度随主处理氮水平提高先增大然后下降, 在不同氮水平中以配施镁肥 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 处理稻米垩白度较低。

将 2010 年试验结果列表 5, 表明氮、镁单独施用时, 稻米垩白度因增施氮肥或镁肥均呈先增大后减小的趋势, 各氮水平或镁水平间差异显著; 氮、镁配合后, 主处理氮、副处理镁及主、副处理互作效应对籽粒垩白度均有极显著影响。增施氮肥明显提高垩白度, 随主处理氮水平提高籽粒垩白度有增大趋势, 但各氮水平中大多以施镁 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 处理垩白度较小。

试验结果表明, 在不同氮水平中施用镁肥能够起到有效降低稻米垩白度的效果。方差分析结果表明, 2 年间龙粳 20 稻米垩白度存在极显著差异 (F = 27.8 > F<sub>0.01</sub> = 7.194 2)。供试条件下稻米垩白度较低的处理多集中于不同施氮量配合施镁 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 处理组合。

表 3 不同施肥处理稻米垩白率的方差分析比较结果(LSD 法,2010 年)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的垩白率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	0.63bcAB	0.61bcAB	0.97aA	0.76abAB	0.49cB	4.824 0	0.028 2
112.5	2.06abA	2.85aA	1.57abA	2.41abA	1.39bA	1.997 0	0.187 9
225.0	2.45aA	2.32aA	1.45bA	1.35bA	1.35bA	4.643 0	0.031 2
337.5	2.61bcBC	3.51abAB	1.83cC	1.98cC	4.09aA	11.764 0	0.002 0
450.0	2.64abA	3.19aA	1.17bA	2.13abA	3.45aA	3.257 0	0.072 8
镁效应	2.08aA	2.30aA	1.38bB	1.92aAB	2.17aA	5.519 0	0.001 2

施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的垩白率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	0.63bB	2.06aA	2.45aA	2.61aA	2.64aA	17.455 0	0.000 5
112.5	0.61cA	2.85abA	1.35bcA	3.51aA	3.19abA	3.851 0	0.049 6
225.0	0.97bA	1.57abA	1.35abA	1.83aA	1.17abA	2.587 0	0.117 7
337.5	0.76bB	2.41aA	2.32aA	1.98aA	2.13aA	9.661 0	0.003 7
450.0	0.49cB	1.39bB	1.45bB	4.09aA	3.45aA	34.301 0	0.000 0
氮效应	0.69dC	2.05bcAB	1.79cB	2.80aA	2.52abAB	19.781 0	0.000 3
互作效应						3.899 0	0.000 2

注:表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

表 4 不同施肥处理稻米垩白度的方差分析比较结果(LSD 法,2009 年)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的垩白度(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	3.6abAB	4.0aA	4.0aA	2.9bcAB	2.8cB	6.178 0	0.014 4
112.5	5.2	5.5	4.9	4.9	4.9	0.790 0	0.563 1
225.0	7.3aAB	7.2abAB	6.0bB	6.7abAB	7.8aA	3.301 0	0.070 7
337.5	6.3cB	7.4abcAB	6.7bcAB	8.4abAB	9.3aA	4.293 0	0.038 0
450.0	4.9cC	8.7aA	6.3bB	8.6aA	8.4aA	43.766 0	0.000 0
镁效应	5.5bB	6.5aA	5.6bB	6.3aA	6.6aA	10.696 0	0.000 0

施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的垩白度					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	3.6dC	5.2bcBC	7.3aA	6.3abAB	4.9cdBC	11.571 0	0.002 1
112.5	4.0dC	5.5cBC	7.2bAB	7.4bAB	8.7aA	21.228 0	0.000 3
225.0	4.0cC	4.9bcBC	6.0abAB	6.7aA	6.3aAB	9.014 0	0.004 6
337.5	2.9dD	4.9cC	6.7bBC	8.4aAB	8.6aA	37.773 0	0.000 0
450.0	2.8dC	4.9cB	7.8bA	9.3aA	8.4abA	39.159 0	0.000 0
氮效应	3.4cC	5.1bB	7.0aA	7.6aA	7.4aA	79.461 0	0.000 0
互作效应						6.744 0	0.000 0

注:表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

表 5 不同施肥处理稻米垩白度的方差分析比较结果(LSD 法,2010 年)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的垩白度(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	1.17bcAB	1.10bcAB	1.72aA	1.41abAB	0.90cB	4.220 0	0.039 7
112.5	3.67abA	5.06aA	2.86abA	4.37abA	2.57bA	1.849 0	0.213 1
225.0	4.52aA	2.52bB	2.39bB	4.16aAB	2.67bAB	5.563 0	0.019 3
337.5	2.89bB	6.17aA	3.27bB	3.57bB	7.11aA	17.634 0	0.000 5
450.0	4.12abA	5.66aA	2.13bA	3.91abA	6.08aA	2.958 0	0.089 7
镁效应	3.27bAB	4.10aA	2.47cB	3.48abAB	3.86abA	5.410 0	0.001 4

施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的垩白度					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	1.17cB	3.67abA	4.52aA	2.89bAB	4.12abA	7.58 2	0.007 9
112.5	1.10cA	5.06abA	2.52bcA	6.17aA	5.66abA	3.87 6	0.048 8
225.0	1.72bA	2.86abA	2.39abA	3.27aA	2.13abA	2.61 8	0.114 9
337.5	1.41bB	4.37aA	4.16aA	3.57aA	3.91aA	10.311	0.003 0
450.0	0.90cB	2.57bB	2.67bB	7.11aA	6.08aA	38.198	0.000 0
氮效应	1.26cB	3.71abA	3.25bA	4.60aA	4.38aA	17.622 0	0.000 5
互作效应						4.314 0	0.000 1

注:表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

2.2 不同施肥处理对稻米整精米率的影响

将 2 年试验中关于整精米率的数据分别进行多重比较后列表(表 6、表 7)。2009 年试验统计数据显示,氮、镁养分单独施用,施镁能显著提高稻米整精米率,并且随施镁量增加稻米整精米率先提高然后下降,与不施肥处理之间差异显著;

施用氮肥时表现为低氮量提高整精米率而高氮量降低整精米率,但各种施氮水平与不施肥处理之间差异不显著。氮、镁配合以后,主处理氮及副处理镁对整精米率的影响分别达到显著或极显著水平,整精米率随主处理氮水平提高而明显下降,在高氮水平时施用镁肥能明显提高稻米整精米率。

表 6 不同施肥处理稻米整精米率的方差分析比较结果(LSD 法,2009)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的整精米率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	68.9cB	70.2bAB	71.8aA	71.6aA	71.0abA	10.218	0.003 1
112.5	70.1abA	71.6abA	71.5abA	72.1aA	69.3bA	2.144	0.166 5
225.0	70.2	70.3	70.6	70.7	70.1	0.42	0.790 3
337.5	67.2	67.5	68.1	67.5	67.3	0.111	0.975 1
450.0	66.9bAB	68.5abAB	70.2aA	67.9abAB	66.7bB	3.841	0.049 9
镁效应	68.6cC	69.6abABC	70.4aA	70.0aAB	68.9bcBC	5.132	0.002 0
施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的整精米率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	68.9	70.1	70.2	67.2	66.9	1.3920	0.319 2
112.5	70.2abAB	71.6aA	70.3abAB	67.5cB	68.5bcAB	3.937 0	0.047 0
225.0	71.8aA	71.5aA	70.6abA	68.1bA	70.2abA	3.278 0	0.071 8
337.5	71.6aA	72.1aA	70.7aA	67.5bB	67.9bB	14.329 0	0.001 0
450.0	71.0aA	69.3abcA	70.1abA	67.3bcA	66.7cA	3.857 0	0.049 4
氮效应	70.7aA	70.9aA	70.4aAB	67.5bB	68.0bAB	6.147	0.014 6
互作效应						0.967	0.507 8

注:表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

表 7 不同施肥处理稻米整精米率的方差分析比较结果(LSD 法,2010 年)

施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施镁量下的整精米率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	67.03	67.50	67.70	67.20	67.97	0.348 0	0.838 3
112.5	67.23abAB	65.27bcB	68.60aA	65.13cB	66.83abcAB	5.718 0	0.017 9
225.0	65.93bB	69.20aA	67.60abAB	66.37bB	68.33aAB	5.573 0	0.019 2
337.5	67.87abA	65.87bcA	68.60aA	68.37aA	65.67cA	4.707 0	0.030 1
450.0	65.47bA	65.53bA	68.97aA	68.43aA	65.40bA	4.413 0	0.035 5
镁效应	66.71bB	66.67bB	68.29aA	67.10bB	66.84bB	5.098 0	0.002 0
施镁量 (kg/hm <sup>2</sup> )	不同施氮量下的整精米率(%)					F 值	P 值
	0.0 kg/hm <sup>2</sup>	112.5 kg/hm <sup>2</sup>	225.0 kg/hm <sup>2</sup>	337.5 kg/hm <sup>2</sup>	450.0 kg/hm <sup>2</sup>		
0.0	67.03	67.23	65.93	67.87	65.47	1.247 0	0.364 9
112.5	67.50abA	65.27bA	69.20aA	65.87bA	65.53bA	3.267 0	0.072 4
225.0	67.70bA	68.60abA	67.60bA	68.60abA	68.97aA	3.531 0	0.060 8
337.5	67.20bAB	65.13cC	66.37bBC	68.37aA	68.43aA	27.805 0	0.000 1
450.0	67.97aA	66.83abA	68.33aA	65.67bA	65.40bA	4.357 0	0.036 7
氮效应	67.48	66.61	67.49	67.27	66.76	1.907 0	0.202 7
互作效应						3.873 0	0.000 3

注:表中同行数字后不同小写和大写英文字母分别表示 LSD 测验 5% 和 1% 水平差异显著性。

2010 年试验结果表明,氮、镁单独施用,表现的规律与 2009 年相似,与不施肥相比,施镁有提高整精米率的效果,氮、镁用量对整精米率都无显著影响。氮、镁配合以后,主处理对整精米率的影响未达到显著水平,副处理镁及镁与氮的互作效应对整精米率均有极显著影响:施氮 112.5 ~ 450.0 kg/hm<sup>2</sup> 范围内,配合适量镁肥可以明显提高整精米率,如施氮 225 kg + 镁 112.5 kg/hm<sup>2</sup>、氮 337.5 kg + 镁 225 kg/hm<sup>2</sup>、氮 450 kg + 镁 225 kg/hm<sup>2</sup> 整精米率比只施相应氮肥处理分别提高 4.95%、1.08%、5.34%。

2 年试验结果共同点是,氮、镁单独施用,氮肥对稻米

整精米率的影响均不明显,施用镁肥有提高整精米率的趋势,而且 2009 年施镁提高整精米率的效果极显著。氮、镁配合施用后强化了镁肥对整精米率的作用,镁对整精米率的影响达到极显著水平,2 年试验结果都表现为随施镁水平提高整精米率先升高然后下降,多数氮肥处理在配合施镁达到 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 时整精米率最高,再增施镁肥整精米率出现下降趋势;施用氮肥时整精米率随施氮量增多呈下降趋势,尤其 2009 年试验中这种降低趋势尤其明显,氮肥对整精米率的影响达到显著水平。说明相对于氮素,镁营养仍然是影响整精米率的重要因子之一。

对 2009 年和 2010 年的整精米率进行方差分析表明,2 年间整精米率存在极显著差异( $F=30.7>F_{0.01}=7.1942$ )。

2.3 稻米外观品质和加工品质的相关分析

稻米的外观品质主要包括稻米的垩白率、垩白度以及粒型等,加工品质主要包括稻谷的糙米率、精米率和整精米率。其中垩白率是外观品质的主要指标,整精米率是加工品质的主要指标。

稻米各品质指标间存在相互影响(表 8),子粒垩白率、垩

白度与精米率和整精米率均表现为显著或极显著负相关,整精米率与糙米率和精米率都表现为显著或极显著正相关。说明在一定条件下,调整氮、镁营养条件可以改善稻米外观品质和加工品质。

对稻米外观品质和加工品质与施肥量做相关分析,结果见表 9,施氮量对垩白率、垩白度影响达到极显著水平,增施氮肥显著增加稻米垩白率及垩白度;施镁量与垩白率成反比,与垩白度、整精米率均呈正相关,但未达到显著水平。

表 8 不同施肥处理稻米外观品质与加工品质各指标间的相关系数比较结果(2009—2010)

年份	指标	相关系数				
		垩白率	垩白度	糙米率	精米率	整精米率
2009	垩白率	1.000	0.780 **	-0.280	-0.440 *	-0.720 **
	垩白度		1.000	-0.190	-0.400 *	-0.590 **
	糙米率			1.000	0.580 **	0.610 **
	精米率				1.000	0.660 **
2010	垩白率	1.000	0.980 **	0.270	-0.170	-0.650 **
	垩白度		1.000	0.210	-0.190	-0.660 **
	糙米率			1.000	0.810 **	0.470 *
	精米率				1.000	0.790 **

表 9 氮、镁用量与外观品质和加工品质各指标的相关系数比较

年份	处理	相关系数				
		外观品质		加工品质		
		垩白率	垩白度	糙米率	精米率	整精米率
2010	施氮量	0.645 **	0.609 **	0.665 **	0.274	-0.087
	施镁量	-0.028	0.048	0.042	0.051	0.077
2009	施氮量	0.709 **	0.607 **	0.467 *	0.779 **	-0.696 **
	施镁量	-0.064	0.076	0.256	-0.108	0.101

3 讨论

马群等<sup>[3]</sup>研究认为氮肥是所有营养元素中对产量影响最大的一种,而人们对镁肥的研究大多集中于其对品质的影响<sup>[9-10]</sup>方面。一般认为,NH<sub>4</sub><sup>+</sup>和 Mg<sup>2+</sup>具有拮抗作用<sup>[11]</sup>,而杨利华等<sup>[12]</sup>、徐洋<sup>[13]</sup>认为,适量施用镁肥可以促进玉米或大豆对氮素的吸收,由于氮与镁存在互作,因此氮、镁配合施用与单一施用必然表现出不同的特点。

影响稻米品质因素包括品种遗传特性、气象条件、养分水平等多方面。本试验表明,施氮量与稻米垩白率呈极显著正相关,对整精米率影响不显著。施镁量与各品质指标相关不大,增施镁肥有降低垩白率和提高整精米率的趋势,这一结论与李晓鸣等的观点<sup>[9]</sup>比较一致。本试验条件下,垩白率与整精米率呈极显著负相关,因此可通过调整氮、镁水平达到既降低垩白率又能提高整精米率的生产目的。本试验结果表明,施氮 337.5~450 kg/hm<sup>2</sup> 范围内时配施镁肥 225.0 kg/hm<sup>2</sup> 处理稻米垩白率较低、整精米率较高,在不同主处理氮水平下,以施镁 225.0~337.5 kg/hm<sup>2</sup> 范围内稻米的垩白率、整精米率较理想。

参考文献:

[1] 黄元财,王伯伦,王 术,等. 施氮量对水稻产量和品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2006,37(5):688-692.  
[2] 杨益花,张亚洁,苏祖芳. 施氮量对杂交水稻产量构成因素和干

物质积累的影响[J]. 天津农学院学报,2005,12(1):5-8,30.  
[3] 马 群,杨 雄,李 敏,等. 不同氮肥群体最高生产力水稻品种的物质生产积累[J]. 中国农业科学,2011,44(20):4159-4169.  
[4] 杨世佳,韩证仿,刘美佳,等. 氮肥用量对江淮梗稻米品质及主要矿质元素含量的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(4):703-708.  
[5] 薛正平,杨星卫,段项锁,等. 精准农业水稻最佳氮肥施用量研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(1):53-55.  
[6] 王子臣,张岳芳,周 炜,等. 氮钾肥用量对杂交粳稻常优 1 号米质性状及淀粉黏滞谱特征的影响[J]. 江苏农业学报,2011,27(2):236-242.  
[7] 张洪程,王秀芹,戴其根,等. 施氮量对杂交稻两优培九产量、品质及吸氮特性的影响[J]. 中国农业科学,2003,36(7):800-806.  
[8] 王 忠,顾蕴洁,陈 刚,等. 稻米的品质和影响因素[J]. 分子植物育种,2003,1(2):231-241.  
[9] 李晓鸣. 矿质镁对水稻产量和品质影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):125-126.  
[10] 李 延,唐建海,李季芳. 水稻镁肥肥效及镁素营养诊断指标的研究[J]. 中国农学通报,1994,10(2):12-14.  
[11] 丁玉川. 水稻镁营养特性及镁钾营养互作效应研究[D]. 南京:南京农业大学,2007.  
[12] 杨利华,郭利敏,傅万新. 玉米施镁对氮磷钾肥料利用率和产量的影响[J]. 中国生态农业学报,2003,11(1):78-80.  
[13] 徐 洋. 氮镁交互对大豆群体质量指标及碳氮代谢的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2008:16-20.