

实地养分管理对水稻钙镁吸收的影响

袁英才,彭显龙

(东北农业大学 资源与环境学院,黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要:为探求水稻钙和镁吸收规律,进一步提高产量,通过 2 a10 个点次的田间对比试验,比较了农民习惯施肥(FFP)和实地养分管理(SSNM)下水稻茎叶、植株及籽粒的钙镁吸收和产量的差异。结果表明:与 FFP 相比,SSNM 产量提高了 6.66%~20.37%,平均增产 13.7%,8 个试验点增产显著。FFP 水稻茎叶和籽粒的含钙量分别为 $2.24\sim 3.10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.10\sim 0.27\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,含镁量分别为 $0.80\sim 1.38\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.62\sim 0.97\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。水稻植株中氮镁积累量分别是 $1.55\sim 20.08\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $7.69\sim 14.86\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,1 000 kg 籽粒吸收钙 $1.66\sim 2.56\text{ kg}$,吸收镁 $1.16\sim 1.86\text{ kg}$;SSNM 水稻茎叶和籽粒含钙量分别为 $2.45\sim 3.40\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.12\sim 0.29\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,含镁量分别为 $0.85\sim 1.37\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $0.62\sim 0.94\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,水稻植株中氮镁积累量分别是 $16.71\sim 22.91\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 和 $9.33\sim 16.35\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,1 000 kg 籽粒吸收钙 $1.66\sim 2.67\text{ kg}$,吸收镁 $1.19\sim 1.71\text{ kg}$ 。两种施肥方式下钙镁的含量和 1 000 kg 籽粒吸收钙镁量无明显差别;SSNM 钙镁的积累量均高于农民习惯施肥。表明,寒地水稻钙镁需要量较高,每 1 000 kg 水稻需要钙镁含量平均为 2.04 kg 和 1.51 kg,SSNM 对水稻茎叶和稻穗钙镁含量影响不大,由于其提高了水稻产量,因此促进了钙镁吸收。

关键词:寒地水稻;实地养分管理;钙;镁;产量

中图分类号:S511.062

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2011)09-0035-04

黑龙江省是中国优质粳稻的主产区,近年来水稻产量提高很快,稻米商品率达 70%以上,在保障我国粮食安全中发挥重要作用。应用实地养分管理技术能够显著提高水稻产量和氮素利用效率,达到高产和氮素高效统一。与农民常规施肥处理相比,实地施肥管理氮肥用量平均降低了 21%,不仅产量没有显著降低,而且能显著提高水稻的千粒重,氮肥的吸收利用率和农学利用率均有所提高^[1-2]。实地养分管理技术可以根据土壤供肥状况和水稻需肥特性确定养分量。研究表明,实地养分管理(SSNM)与农民习惯施肥(FFP)相比,在产量略有增加的同时,可以显著提高氮肥利用率,其节肥增产效果明显,资源利用率明显提高,具有在广大稻区推广的前景^[3-6]。但是,目前应用的实地养分管理技术只实现了氮磷钾养分的综合管理,对钙镁和中微量元素考虑较少。同时,对于寒地水稻钙镁吸收特征也不太清

楚。而查明水稻钙、镁的吸收规律,对于指导养分综合管理具有重要意义,为进一步提高水稻产量提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试品种空育 131,为主茎 11 片叶、4 个伸长节间的品种,全生育期 127 d。4 月 15 日播种,5 月 23 日移栽;供试肥料为尿素(N 46%)、三料磷肥(P_2O_5 46%)、氯化钾(K_2O 50%);

供试土壤为白浆土型水稻土(见表 1)。

1.2 方法

2009 和 2010 年,在农垦建三江分局大兴农场和七星农场设置田间试验,每个地点均设 2 个处理,3 次重复。处理 1:习惯施肥(FFP),按照农户的施肥习惯进行(见表 2)。

处理 2:实地养分管理(SSNM),氮肥用量 $90\sim 110\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,基肥用量占全生育期氮肥用量的 45%,返青肥占 20%,促花肥占 15%,于 7.5 叶龄施入,保花肥占 20%,于 10.0 叶龄施入。施肥量和施肥时期见表 2。5 月 13 日移栽(3 叶 1 心),插秧密度为 $30\text{ cm}\times 13.2\text{ cm}$,每穴保苗 3~5 株。其它管理措施一致。

收稿日期:2011-04-26

基金项目:农业部公益性行业(农业)科研专项资助项目(200803030);东北农业大学创新团队资助项目

第一作者简介:袁英才(1985-),男,黑龙江省虎林市人,在读硕士,从事植物营养与施肥技术研究。E-mail:y13796678411@126.com。

通讯作者:彭显龙(1976-),男,黑龙江省嫩江县人,博士,副教授,从事植物营养与施肥技术研究。E-mail:pxl0508@163.com。

表 1 试验点土壤肥力状况

时间	编号	地点	农户	有机质 /mg·kg ⁻¹	碱解氮 /mg·kg ⁻¹	有效磷 /mg·kg ⁻¹	有效钾 /mg·kg ⁻¹	pH
2009	1	大兴 18 连	胡春光	33	172	36	71	5.7
	2	大兴 20 连	张瑞亭	41	156	34	62	5.7
	3	大兴 21 连	于国栋	29	140	30	81	5.8
	4	七星 1 连	聂 陆	34	162	26.7	126	6.1
	5	大兴 1 连	马世学	61	153	42	174	6.5
2010	6	大兴 18 连	胡春光	33	172	36	71	5.7
	7	大兴 23 连	李永军	33	160	40	71	6.1
	8	大兴 18 连	宋 伟	25	173	52	259	6.9
	9	大兴 10 连	田兆伟	35	138	54	76	4.0
	10	大兴 23 连	向 阳	41	162	42	67	6.0

表 2 氮肥施用时期和施用量

kg·hm⁻²

编号	处理	基肥氮量	第 1 次追肥		第 2 次追肥		第 3 次追肥		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
			叶龄值	比例	叶龄值	比例	叶龄值	比例			
1	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
2	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			125	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
3	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
4	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
5	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	90	35	60
6	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
7	FFP	35%	4.0	35%	6.0	30%			125	35	45
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	97	23	71
8	FFP	40%	4.0	30%	6.0	30%			150	60	50
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	100	35	60
9	FFP	15%	4.0	44%	7.0	31%			84	35	45
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	104	33	69
10	FFP	40%	4.0	30%	7.0	30%			140	47	75
	SSNM	45%	4.0	20%	7.5	15%	10.0	20%	108	47	75

1.3 测定项目与方法

土壤基础肥力采用常规分析方法测定^[7]；成熟期，每个小区选取有代表性的 3 点，每点取 3 穴，按茎叶和穗分开，75℃烘干测定干重。并在每个处理收割 5 m²实测水稻产量。样品粉碎后，采用盐酸-维生素 C 溶液提取，用 ICP 法测定钙镁含量^[8]。

2 结果与分析

2.1 水稻茎叶中钙和镁含量

由表 3 可知，习惯施肥方式茎叶钙含量值在 2.24~3.10 g·kg⁻¹，平均钙含量为 2.65 g·kg⁻¹；实地养分管理方式茎叶钙含量值在 2.45~3.40 g·kg⁻¹，平均钙含量为 2.81 g·kg⁻¹。2 种方

式下茎叶钙含量互有高低，除第 4 试验点达到 5% 显著水平外，其它试验点差异不显著。习惯施肥方式茎叶镁含量值在 0.80~1.38 g·kg⁻¹，平均镁含量为 1.18 g·kg⁻¹；实地养分管理方式中镁含量值在 0.85~1.37 g·kg⁻¹，平均镁含量为 1.19 g·kg⁻¹。2 种施肥方式对茎叶镁的含量无显著影响。

2.2 水稻穗中钙和镁含量

由表 4 可知，习惯施肥方式钙含量在 0.10~0.27 g·kg⁻¹，平均钙含量为 0.18 g·kg⁻¹；实地养分管理方式钙含量在 0.12~0.29 g·kg⁻¹，平均钙含量为 0.18 g·kg⁻¹。习惯施肥方式镁含量值在 0.62~0.97 g·kg⁻¹，平均镁含量为 0.76 g·kg⁻¹；

实地养分管理方式中镁含量在 0.62~0.94 g·kg⁻¹, 下水稻穗中钙镁的含量无明显差别。平均镁含量为 0.79 g·kg⁻¹。说明 2 种施肥方式

表 3 水稻茎叶中钙和镁的含量 g·kg⁻¹

养 分	处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	FFP	2.25a	2.64a	2.42a	2.84b	2.99a	2.56a	2.70a	2.24a	2.70a	3.10a
	SSNM	2.48a	2.77a	2.71a	3.26a	2.94a	2.45a	2.99a	2.45a	2.69a	3.40a
Mg	FFP	1.38a	1.32a	0.80a	1.21a	1.35a	1.20a	1.17a	1.06a	1.22a	1.12a
	SSNM	1.18a	1.23a	0.85a	1.28a	1.37a	1.11a	1.26a	1.00a	1.36a	1.28a

表 4 水稻穗中钙和镁的含量 g·kg⁻¹

养 分	处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	FFP	0.12a	0.13a	0.10a	0.17a	0.10a	0.18a	0.23a	0.22a	0.23a	0.27a
	SSNM	0.12a	0.12a	0.12a	0.17a	0.14a	0.19a	0.21a	0.23a	0.29a	0.24a
Mg	FFP	0.63a	0.65a	0.62a	0.71a	0.65a	0.86a	0.97a	0.74a	0.89a	0.91a
	SSNM	0.64a	0.66a	0.62a	0.96a	0.65a	0.77a	0.94a	0.87a	0.84a	0.94a

2.3 水稻植株中钙和镁积累量

由表 5 可知,习惯施肥方式钙积累量在13.55~20.08 kg·hm⁻²,平均钙积累量为16.51 kg·hm⁻²;实地养分管理方式中钙积累量在 16.71~22.91 kg·hm⁻²,平均钙积累量为19.09 kg·hm⁻²。有 9 个试验点实地养分管理水稻植株中钙的积累量要高于农民习惯施肥。习惯施肥方式中镁积累

量在 7.69~14.86 kg·hm⁻²,平均镁积累量为 12.42 kg·hm⁻²;实地养分管理方式中镁积累量在 9.33~16.35 kg·hm⁻²,平均镁积累量为 13.85 kg·hm⁻²。实地养分管理钙镁积累量各有 5 个试验点与习惯施肥达到了 5%的显著水平,表明实地养分管理能够促进钙镁的吸收,增加钙镁积累量。

表 5 水稻植株中钙和镁的积累量 kg·hm⁻²

养 分	处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	FFP	14.89b	14.93b	13.55b	17.59b	17.60a	17.60a	16.37b	17.12a	15.37a	20.08a
	SSNM	19.27a	17.32a	18.16a	22.11a	19.71a	17.79a	20.01a	16.97a	16.71a	22.91a
Mg	FFP	13.45a	12.33a	7.69b	12.31b	12.59a	14.86a	14.11b	12.61a	11.78b	12.47b
	SSNM	14.71a	12.70a	9.33a	16.35a	13.90a	14.00a	16.03a	13.65a	13.37a	14.48a

2.4 籽粒钙和镁积累量

由表 6 可知,2 种施肥方式下每 1 000 kg 水稻籽粒中,习惯施肥方式吸收钙量在 1.66~2.56 kg,平均钙含量为 2.01 kg;实地养分管理方式中钙含量值在 1.66~2.67 kg,平均钙含量为

2.07 kg。习惯施肥方式中镁吸收量在 1.16~1.86 kg,平均镁含量为 1.52 kg;实地养分管理方式中镁吸收量值在 1.19~1.71 kg,平均镁含量为 1.49 kg。说明 2 种施肥方式下每 1 000 kg 籽粒中水稻钙镁的积累量无明显差异。

表 6 水稻每千公斤籽粒钙和镁的积累量 kg

养 分	处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ca	FFP	1.66a	1.75a	2.02a	2.06a	2.04a	2.18a	1.67a	2.02a	2.12a	2.56a
	SSNM	1.95a	1.91a	2.31a	2.32a	2.08a	1.91a	1.91a	1.66a	1.99a	2.67a
Mg	FFP	1.50a	1.44a	1.16a	1.44b	1.46a	1.86a	1.60a	1.49a	1.63a	1.59a
	SSNM	1.48a	1.46a	1.19a	1.71a	1.47a	1.50a	1.53a	1.34a	1.59a	1.68a

2.5 水稻的产量比较

由表 7 可看出,农民习惯施肥方式下水稻产量在 6.71~9.00 t·hm⁻²,平均产量为 8.20 t·hm⁻²;实地养分管理方式中水稻产量在

7.88~11.05 t·hm⁻²,平均产量为 9.35 t·hm⁻²。实地养分管理产量提高了 6.66%~20.37%,平均增产 13.7%,并且除 1、2 两试验点外,其它地点增产均达到 5%显著水平。

表 7 各个试验地点水稻产量 t·hm⁻²

处 理	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FFP	9.00a	8.55a	6.71b	8.55b	8.60b	8.17b	8.85b	8.46b	7.26b	7.82b
SSNM	9.90a	9.10a	7.88a	9.54a	9.47a	9.32a	11.05a	10.21a	8.40a	8.64a

3 结论

不同处理间水稻茎叶穗中钙、镁含量,以及 1 000 kg 籽粒需要钙镁含量没有显著差异。实地氮肥管理水稻植株中钙镁的积累量要高于农民习惯施肥。同时,实地养分管理显著增加了水稻产量,平均产量由 $8.20 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 提高到 $9.35 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$, 平均增产 13.7%。寒地水稻茎叶中钙镁含量高于穗,茎叶中钙含量较高,籽粒中镁含量较高,每生产 1 000 kg 稻谷钙镁需要量平均为 2.07 kg 和 1.49 kg。

参考文献:

- [1] 范立春,彭显龙,刘元英,等.寒地水稻实地氮肥管理的研究与应用[J].中国农业科学,2005,38(9):1761-1766.
- [2] 陈丽楠.前氮后移对寒地水稻光合特性和氮效率的影响[D].哈尔滨:东北农业大学,2010.
- [3] Wang G H, Dobermann A, Witt C, et al. A new approach to increase the attainable rice yield in intensive IRRI gated rice systems of Zhejiang Province[J]. China. Journal of Zhejiang University(Science), 2001, 2(2): 196-203.
- [4] 张奇春,王光火.直播早稻优化氮肥施用研究[J].中国水稻科学,2002,16(4):346-350.
- [5] 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].浙江大学学报(农业与生命科学版),2003,29(1):67-70.
- [6] 刘立军,桑大志,刘翠莲,等.实时实地氮肥管理对水稻产量和氮素利用率的影响[J].中国农业科学,2003,36(12):1456-1461.
- [7] 李西开.土壤农业化学常规分析方法[M].北京:科学技术出版社,1983.
- [8] 鲁如坤.土壤-植物营养学原理与施肥[M].北京:化学工业出版社,1998.

Effect of Site-specific Nutrient Management on Calcium and Magnesium Accumulation of Rice in Cold Area

YUAN Ying-cai, PENG Xian-long

(Resources and Environmental Sciences College of Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

Abstract: The calcium and magnesium absorption and yield of rice under farmer's fertilization practices (FFP) and Site-specific nutrient management (SSNM) were compared through a two-year field experiments at 10 sites. Compared with FFP, rice yield of SSNM increased by 6.66%~20.37%, by average of 13.7%, and increase yields of 8 sites reached significantly different levels. The calcium contents of rice plant and panicle in FFP was $2.24 \sim 3.10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.10 \sim 0.27 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively, the magnesium contents were $0.80 \sim 1.38 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.62 \sim 0.97 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively. The calcium and magnesium accumulation in plant was $1.55 \sim 20.08 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $7.69 \sim 14.86 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively and their accumulation of 1 000 grain was 1.66~2.56 kg and 1.16~1.86 kg. The calcium contents of rice plant and panicle in SSNM was $2.45 \sim 3.40 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.12 \sim 0.29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. The magnesium contents were $0.85 \sim 1.37 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ and $0.62 \sim 0.94 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectively, The calcium and magnesium accumulation in plant was $16.71 \sim 22.91 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ and $9.33 \sim 16.35 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, and their accumulation of 1 000 grains was 1.66~2.67 kg and 1.19~1.71 kg. Calcium and magnesium accumulation of SSNM were more than that of FFP, but there were no significant difference between calcium and magnesium content of the two fertilization treatments. It showed that rice in cold area required calcium and magnesium average 2.04 kg and 1.51 kg for 1 000 kg rice grain. SSNM had no significant effects on the calcium and magnesium contents, but it promoted the calcium and magnesium absorption because SSNM increased rice yield.

Key words: rice in cold area; site-specific nutrient management (SSNM); calcium; magnesium; yield