

不同稻蟹生产模式对稻蟹产量和稻米品质的影响

安辉¹ 刘鸣达¹ 王厚鑫^{1,2} 郝旭东¹ 王耀晶^{1,3}

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院,辽宁 沈阳 110866; 2. 铁岭市环境保护监测站,辽宁 铁岭 112000;

3. 沈阳农业大学理学院,辽宁 沈阳 110866)

摘要:采取田间定位试验与室内分析相结合的方法,研究了有机稻蟹(M1~M4)、常规稻蟹(MNP)与单作水稻(CK)生产对水稻产量、河蟹产量、稻米品质的影响。结果表明,与MNP和CK相比,有机稻蟹各处理的水稻穗粒数、实粒数和结实率显著提高,尤其以M1处理增加最为明显,但有效穗数却显著减少;2009年M1处理稻谷产量显著高于CK;有机稻蟹各处理的稻米品质也得到不同程度改善,稻米的糙米率、精米率及整精米率随有机肥施用量的增加有显著提高趋势,稻米的垩白粒率、垩白度及直链淀粉含量显著降低,而稻米的蛋白质、胶稠度、食味值明显提高。2年间河蟹产量的变化趋势相同,均表现为M₁>M₂>M₃>MNP>M₄。因此,有机稻蟹生产可在一定程度上提高稻蟹产量和改善稻米品质,为优质稻米的生产以及有机肥的合理利用提供了一条较好的生态技术途径。

关键词:有机稻蟹;常规稻蟹;单作水稻;产量;稻米品质

EFFECTS OF DIFFERENT RICE-CRAB PRODUCTION MODELS ON RICE-CRAB YIELD AND QUALITY

AN Hui¹ LIU Ming-da¹ WANG Hou-xin^{1,2} HAO Xu-dong¹ WANG Yao-jing^{1,3}

(1. College of Land and Environmental Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866;

2. Tieling Environmental Protection Monitoring Station, Tieling, Liaoning 112000;

3. College of Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 10866)

Abstract: Field experiments and laboratory analyses were conducted to investigate effect of the three rice production models, organic rice-crab (M1~M4), conventional rice-crab (NMP) and monoculture rice (CK) on rice-crab yield and rice quality. The results showed that the grain number per panicle, seed-setting rate and 100-grain weight were increased significantly in model of organic rice-crab compared with the other two models, especially the M1 treatment which was significantly increased, but effective spikes of M1 treatment was significantly decreased. The organic rice-crab of M1 treatment was significantly higher than CK treatment in 2009. At the same time the quality of organic rice-crab rice was improved with the increase of organic fertilizer inputs, and the chalky rice rate, chalky degree and amylase content were significantly lower, while rice protein, gel consistency and taste value were significantly improved. In addition, the crab yield in 2009 and 2010 were expressed the same general trend as M₁>M₂>M₃>MNP>M₄. It was concluded that, organic rice-crab production model could increase rice-crab yield and improve rice grain quality in some degree, therefore it is an effective ecological technology for high-quality rice production and rational application of organic fertilizer.

Key words: organic rice-crab; conventional rice-crab; monoculture rice; grain yield; rice quality

收稿日期:2011-09-02 接受日期:2011-12-14

基金项目:沈阳市科技创新条件与环境建设项目(1091179-1-100)

作者简介:安辉(1982-),男,辽宁盘锦人,博士研究生,主要从事农业环境与生态方面的研究。Tel:024-72239112; E-mail:anhui_syau@163.com

中国稻作历史悠久。我国有 2/3 的人口以大米为主食,因此,发展水稻生产,增加稻谷有效供给是保证我国粮食安全的重要举措。近年来,长期单一稻作模式虽提高了单产,但也存在严重的缺陷和弊端,比如对农药化肥的高度依赖、病虫害增加、土壤性状变劣以及环境污染等问题^[1,2],最终可能会影响到水稻产量和稻米品质。

稻田养蟹作为一种可持续的水稻生态种养模式,已经成为我国北方稻作区重要的生态农业模式。近年来,稻蟹生产发展迅速,有关稻田养蟹对水稻生长、病虫害防治、生物多样性、土壤肥力和经济效益等方面的影响已有报道^[3-7],并取得了较好效益。然而目前关于稻蟹共作模式,尤其是有机稻蟹模式对水稻产量和稻米品质的影响鲜有报道。为此,本研究采取田间试验与化验分析相结合的方法,研究了有机稻蟹、常规稻蟹与单作水稻 3 种模式下水稻产量、稻米的碾米和外观品质、稻米的蒸煮食味及营养品质的差异,以探明稻蟹共作模式对水稻产量、河蟹产量及稻米品质的改善效果,为该地区选择适宜的稻作生产模式提供理论基础和实践依据。

1 材料与方法

1.1 试验区环境

试验于 2009 年 4 月至 2010 年 10 月在辽宁省盘锦市大洼县平安乡稻田进行。大气、土壤及灌溉水等产地环境质量符合 GB/T19630—2005《有机产品》规定的要求。试验区域年均气温 8.9℃,≥5℃活动积温 3 551℃,≥10℃活动积温 3 509℃,年降水量为 633.6mm,蒸发量为 1 551.7mm,无霜期 171d。年均日照时数 2 787h。

1.2 试验材料

供试水稻(*Oryza sativa* L.)品种为辽河 2 号,螃蟹为中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)。有机肥选用腐熟好的猪粪,养分含量全氮 11.6g/kg,全磷(P_2O_5) 8.5g/kg,全钾(K_2O) 12.3g/kg。氮肥为尿素,磷肥为过磷酸钙。供试土壤为粘质盐渍型水稻土,土壤有机碳 9.6g/kg,全氮 1.15g/kg,全磷 0.31g/kg,碱解氮 81.4mg/kg,速效磷(P) 14.9mg/kg,速效钾(K) 141mg/kg。

1.3 试验设计

采取田间小区试验,随机区组排列,设 6 个处理:即有机稻蟹 M1、M2、M3、M4(均不施用化肥、农药和除草剂且养蟹)、常规稻蟹 MNP(有机肥和化肥配施、施

用农药和除草剂且养蟹)与单作水稻(CK,施用化肥、农药及除草剂,即常规栽培)。各处理 3 次重复,每小区面积 166m²,其间筑田埂间隔,小区外围设尼龙网,防蟹外逃。CK 施尿素 750kg/hm²,其中 1/5 作基肥,4/5 作追肥(分 4 次追施,每次为追肥总用量的 1/4)。有机稻蟹 M1、M2、M3、M4 处理施氮量分别为单作水稻处理的 1.6、1.4、1.2 和 1 倍,即施用腐熟好的猪粪(折算干重)分别约为 48000、42000、36000 和 30000kg/hm²;MNP 处理施用有机肥量为有机稻蟹 M4 处理的 1/2,再补加尿素 375kg/hm²。以 M4 处理施磷量为基准,按猪粪含磷量确定 MNP 与 CK 施磷量,以过磷酸钙为磷肥。水稻生育期各小区单灌单排,按常规生产管理。于 2009、2010 年 5 月中旬插秧,密度为 25 穴/m²,每穴 3~4 株;6 月末投放蟹苗,有机稻蟹各处理及常规稻蟹 MNP 处理均投入 75 只(每只约重 16.7g),蟹苗投放后的前 1 个月每 2d 向各处理投放蟹料 0.25kg(蟹料为煮熟玉米和黄豆,且按 1:1 比例投加),随河蟹不断地蜕壳变大,到 7 月末每天投放蟹料 1kg,9 月中旬收成蟹;10 月初收获水稻,单打单收。

1.4 测定项目与方法

2009 和 2010 年水稻收获前,调查每小区除边行外长势均匀的 1 行穗数,每小区按平均穗数取有代表性的中等植株 10 穴,调查所有穗的一次枝梗数,按众数取其中 10 穗进行穗粒数、结实率、千粒重的考察。收获后各小区实收测产,脱谷后自然风干 1 个月,参照农业部米质分析方法 NY147-88 进行米质分析^[8],其中垩白粒率、垩白度采用日本生产 ES-1000 型大米外观品质判别仪测定;稻米的蛋白质含量、直链淀粉含量、食味品质得分(食味值)采用日本静冈制机株式会社生产的 QS-4000 型高精度近红外线食味分析仪测定。

1.5 数据分析

测定的数据均为 3 次重复的平均值,数据经 Excel2003 整理后,采用 SPSS13.0 软件进行方差分析,同一年份不同处理之间的多重比较采用 LSD 法。

2 结果与分析

2.1 不同模式对水稻产量及产量构成因素和河蟹产量的影响

收获后,测定了不同模式的水稻产量及其构成因素和河蟹产量,结果如表 1,可以看出,不同模式对水稻产量及其构成因素和河蟹产量均有显著影响。2009 和 2010 年有机稻蟹各处理(M1~M4)与常规稻蟹(MNP)处理的有效穗数显著低于单作水稻(CK)处

理。但有机稻蟹各处理的每穗粒数、结实率(除 M4)和千粒重均显著高于 CK 处理,尤其以 M1 处理增加效果最为显著,分别达 11.90%、8.42% 和 3.94%;而 MNP 处理略有下降。说明有机稻蟹处理有利于增加水稻的每穗粒数、结实率和千粒重,促进水稻产量的提高,而常规稻蟹处理对其作用不明显。2009 年 M1、M2 处理的理论产量和 M₁ 处理实际产量极显著高于 CK,其他处理均低于 CK;2010 年不同稻蟹各处理也均显著低于 CK,可能与养蟹田四周堤坝内侧需挖环形沟和

田间沟,占用了约 10% 的稻田面积有关。结果说明有机稻蟹和常规稻蟹处理短期内有机培肥对产量影响较小,不过当外界环境因素较好时,适当地增施有机肥养蟹的模式可能会增加水稻产量,甚至接近或者高于常规栽培。另外,值得注意的是,2010 年各处理的理论产量和实际产量较 2009 年相应各处理均有较大幅度的降低。从河蟹产量看,2 年的变化趋势均表现为 M1 > M2 > M3 > MNP > M4。说明增施有机肥的稻蟹处理有利于河蟹产量的提高。

表 1 不同模式对水稻产量及产量构成因素和河蟹产量的影响

Table1 Effects of different models on grain yield and yield components and crab yield

年份 year	处理 treatment	有效穗数 effective spikes ($\times 10^4/\text{hm}^2$)	每穗粒数 grain number per panicle	结实率 seed setting rate(%)	千粒重 1000 grain weight(g)	水稻 理论产量 theoretical yield (kg/hm^2)	水稻 实际产量 actual yield (kg/hm^2)	河蟹 产量 crab yield (kg/hm^2)
2009	M1	279 \pm 0.58dD	148.60 \pm 6.64aAB	90.37aA	28.83 \pm 0.81aA	10783.55aA	10500aA	360aA
	M2	302 \pm 4.04cC	139.80 \pm 3.76cB	87.26bAB	28.47 \pm 0.23bA	10478.04bB	9900cB	300bB
	M3	271 \pm 2.08dD	149.40 \pm 4.35aA	88.18bB	27.94 \pm 0.09cB	9985.04dC	9600dC	255cC
	M4	264 \pm 2.65eE	144.30 \pm 4.61bB	83.29cC	27.45 \pm 0.27dC	8708.38fE	8400fE	180eE
	MNP	324 \pm 1.00bB	129.20 \pm 5.40cC	82.84cC	27.26 \pm 0.10dC	9454.29eD	9300eD	240dD
	CK	331 \pm 0.58aA	132.80 \pm 8.71dC	86.95bB	26.59 \pm 0.10eD	10177.48cC	10125bB	-
2010	M1	252 \pm 9.29cC	136.20 \pm 8.64aA	89.72aA	25.59 \pm 0.38aA	7878.04bB	7500bB	300aA
	M2	269 \pm 4.73bB	132.80 \pm 5.42aAB	85.50cB	25.54 \pm 2.24aA	7783.55bB	7200cC	210bB
	M3	258 \pm 1.53bcBC	131.60 \pm 3.14aAB	85.26cB	24.09 \pm 0.19bAB	6985.04cCB	6600dD	180cC
	M4	244 \pm 11.06cC	120.80 \pm 2.54bB	84.69cB	24.45 \pm 0.12abAB	6108.57dC	5700eE	120eE
	MNP	255 \pm 7.21cBC	115.40 \pm 7.05bB	84.84cB	23.26 \pm 0.19bB	5806.91dC	5400fF	150dD
	CK	327 \pm 1.73aA	137.20 \pm 2.54aA	87.62bAB	23.59 \pm 0.50bB	9277.42aA	8625aA	-

注:表中的数值为平均值 \pm 标准误差($n = 3$);不同小写字母表示显著差异($P < 0.05$),不同大写字母表示极显著差异($P < 0.01$)。下表同。

Note: The data in the table are average \pm standard error ($n = 3$); different small letters are significantly different ($P < 0.05$), different capital letters are very significantly different ($P < 0.01$). The same as the following tables.

2.2 不同模式对稻米碾米品质和外观品质的影响

由表 2 可以看出,不同处理间稻米碾米品质与外观品质均存在显著差异。2009 和 2010 年随有机肥施用量的增加,有机稻蟹各处理的糙米率、精米率和整精米率有逐渐升高的趋势,表现为 M1 > M2 > M3 > M4;不过,与 CK 相比,有机稻蟹各处理(2009 年 M1 处理除外)及 MNP 处理的糙米率、精米率显著降低,整精米率也有较大幅度下降。对照优质稻谷标准^[9]看,M1 和 CK 稻米的整精米率均可达二级稻谷标准。上述变化说明有机稻蟹和常规稻蟹处理增加稻米糙米率、精米率及整精米率的效果不明显,但随有机肥施用量的增加,稻米的碾米品质也存在不断改善的趋势。从稻米的外观品质看,与稻米的碾米品质各指标变化趋势不同,2009 和 2010 年有机稻蟹各处理稻米的垩白粒率、垩白度与碾米品质各指标总的变化趋势表现为 M4 > M3 > M2 > M1,且都极显著低于 CK,其中 2 年稻米的垩白粒率与垩白度均以 M1 处理下降幅度最大,分

别达 6.63%、15.08% 和 31.25%、13.70%。说明有机稻蟹处理能够显著降低稻米垩白的发生情况,有利于稻米外观品质的改善。

2.3 不同模式对稻米营养和蒸煮食味品质的影响

评价稻谷品质,不仅要比较外观指标,还要考察其内在品质。如表 3 所示,不同模式对稻米营养、蒸煮食味品质也有显著影响。

2009 年有机稻蟹各处理稻米的蛋白质与胶稠度极显著高于 CK,尤其以 M1 处理最为显著,分别达 8.14% 与 11.67%;直链淀粉含量低于 CK,对照优质稻谷标准^[9]来看,M1 处理的直链淀粉含量可达到二级稻谷标准,其他处理均达三级稻谷标准;MNP 处理的蛋白质、胶稠度和直链淀粉含量均较低。2010 年稻米也表现出类似的规律。说明有机稻蟹生产可显著提高稻米的蛋白质含量和胶稠度,降低稻米的直链淀粉含量,有利于改善稻米的营养及蒸煮品质。另外,从稻米的食味值来看,有机稻蟹各处理的食味值均显著或

表2 不同模式对稻米碾米品质与外观品质的影响

Table 2 Effects of different models on rice milling and appearance quality (%)

年份 year	处理 treatment	糙米率 brown rice	精米率 milled rice	整精米率 head milled rice	垩白粒率 chalky rice rate	垩白度 chalky degree
2009	M1	81.39 ± 0.12aA	73.30 ± 0.11aA	65.95 ± 0.92aA	15.50 ± 0.20cB	6.60 ± 0.00eC
	M2	80.46 ± 0.28bB	72.29 ± 0.29bcBC	63.27 ± 0.90bAB	15.90 ± 0.10bcB	6.90 ± 0.10dC
	M3	79.28 ± 0.60bcdC	72.06 ± 0.60cC	63.76 ± 0.40abAB	16.00 ± 0.20bB	8.70 ± 0.17cB
	M4	79.14 ± 0.20dC	71.96 ± 0.20cC	61.24 ± 4.24bB	16.40 ± 0.26abAB	9.40 ± 0.30bA
	MNP	79.57 ± 0.14cC	72.61 ± 0.17bB	62.86 ± 0.14bB	15.60 ± 0.36bcB	9.70 ± 0.12aA
	CK	81.31 ± 0.34aA	73.23 ± 0.23aA	65.04 ± 0.41abAB	16.60 ± 0.26aA	9.60 ± 0.20abA
2010	M1	80.76 ± 1.18bAB	74.77 ± 0.40aA	63.58 ± 0.30bB	10.70 ± 0.15cC	6.30 ± 0.10cC
	M2	80.41 ± 1.05bB	74.05 ± 0.20bBC	62.75 ± 0.24cC	11.00 ± 0.10bBC	6.40 ± 0.10cC
	M3	80.33 ± 0.61bB	74.14 ± 0.80bB	62.36 ± 0.36cdCD	11.00 ± 0.20bBC	6.80 ± 0.17bB
	M4	80.13 ± 0.15bB	73.40 ± 0.23cC	61.76 ± 0.26eD	10.90 ± 0.10bcBC	6.40 ± 0.10cC
	MNP	79.84 ± 0.24bB	73.55 ± 0.16cC	62.25 ± 0.17dCD	11.10 ± 0.00bBC	6.40 ± 0.10cC
	CK	82.23 ± 0.22aA	74.97 ± 0.18aA	64.83 ± 0.12aA	12.60 ± 0.17aA	7.30 ± 0.00aA

表3 不同模式对稻米营养与蒸煮食味品质的影响

Table 3 Effects of different models on rice cooking and eating quality

年份 year	处理 treatment	蛋白质 protein (%)	直链淀粉 amylose (%)	胶稠度 gel consistency (mm)	食味值 taste value (%)
2009	M1	9.30 ± 0.10aA	18.50 ± 0.15bB	81.35 ± 0.71aA	69.80 ± 0.17aA
	M2	9.00 ± 0.00bAB	19.20 ± 0.10aA	77.69 ± 0.29bB	67.60 ± 0.10cC
	M3	8.20 ± 0.36dB	19.40 ± 0.10aA	75.24 ± 1.07cC	69.40 ± 0.65aA
	M4	8.30 ± 0.10dB	19.20 ± 0.35aA	69.97 ± 0.19fE	69.40 ± 0.26aA
	MNP	8.30 ± 0.17dB	19.40 ± 0.10aA	71.03 ± 0.28eE	66.50 ± 0.40dD
	CK	8.60 ± 0.00cB	19.50 ± 0.17aA	72.85 ± 0.80dD	68.50 ± 0.17bB
2010	M1	9.30 ± 0.10aA	19.00 ± 0.10bB	78.78 ± 0.15aA	68.80 ± 0.26aA
	M2	9.20 ± 0.10abAB	19.50 ± 0.20aA	74.15 ± 0.14bB	66.30 ± 0.10eD
	M3	9.10 ± 0.00bAB	19.40 ± 0.10aAB	73.69 ± 0.08cC	68.00 ± 0.17bB
	M4	9.00 ± 0.10bB	19.30 ± 0.00aAB	72.47 ± 0.23eE	67.90 ± 0.43bcB
	MNP	9.20 ± 0.00abAB	19.30 ± 0.10aAB	70.58 ± 0.14fF	67.00 ± 0.11dC
	CK	9.20 ± 0.10abAB	19.40 ± 0.30aAB	73.24 ± 0.13dD	67.70 ± 0.17cB

者极显著高于 CK, 而 MNP 处理却较低。说明有机稻蟹处理可显著提高米饭的适口性, 有利于稻米食味品质的改善。

3 讨论

水稻的产量性状是水稻遗传基因和多种环境因素共同作用的结果, 影响产量的因素多而复杂^[10]。目前不同施肥制度对水稻产量及其构成要素的影响不尽相同。王国强等^[11]研究表明水稻单位面积有效穗数随化肥施氮量的增加而增加, 而水稻的千粒重和结实率却不断降低; 水稻产量呈现先增加后下降的规律^[12,13]。有关有机无机肥配施对水稻产量的影响, 很多研究者认为, 有机肥比例越高越好, 也有学者认为, 可能存在最佳比例^[14,15]。对于单施有机肥而言, 朱利群等^[16]和侯立刚等^[17]研究显示, 增施有机肥可显著

增加水稻有效穗数、每穗粒数和产量; 与此不同, 石绍明等^[18]和张苗苗等^[19]发现, 无论有机栽培还是有机稻鸭栽培的有效穗数、每穗粒数及产量均较常规栽培低。产生上述差异的原因除了施肥措施外, 还可能与土壤类型、栽培方式及水稻品种等有关。本试验中有机稻蟹各处理和常规稻蟹(MNP)处理的有效穗数较低, 其原因可能是新投入的有机肥会造成土壤微生物的增殖, 出现微生物与水稻争氮现象, 并且还会产生一些对水稻生长不利的物质(如各种有机酸等)^[20]; 另外, 各处理中引入的河蟹在田间爬行也可能会对水稻幼小的分蘖造成损害, 导致有效穗数降低。本试验结果显示, 2009年有机稻蟹模式可显著提高水稻的每穗粒数、结实率和千粒重, 2010年水稻的每穗粒数和结实率相对较低, 千粒重较高, 但均表现出随有机肥施用量的增加有逐渐提高的趋势, 尤其以 M1 处理的增加效果最好。这可能是由于有机稻蟹处理施入了大量有

机肥,且处理中河蟹数量较多^[7],相应排泄物以及生长期蜕壳数增加^[21],这些物质经矿化分解,使相应稻田土壤肥力有较大提高,这样满足了籽粒灌浆时养分的需求和物质的高效转运,促进了水稻的每穗粒数、结实率和千粒重的增加。从水稻产量来看,2009年辽宁地区水稻生长季节水量光照充足,水稻生长良好,产量较高;2010年稻季虽然雨水充足,但低温寡照,导致一定程度的减产。另外,本试验结果显示增施有机肥稻蟹处理的河蟹产量较高。一方面可能是因为河蟹除了在田间担任除虫、除草的角色外,其爬行和觅食等行为不仅加快了有机稻蟹处理土壤有机质的分解,增强土壤的供肥能力,还可促进水稻根部的通透性,改善稻田的通气条件,上述情况均会有利于水稻的生长,为河蟹提供了良好的栖息环境和觅食场所^[3];另一方面,河蟹的食性很杂,在食物的比重上以植物性食物为主,由于增施有机肥稻蟹处理存有大量的粪肥腐殖质,这为河蟹又提供了足够的食源。

稻米的外在品质包括碾米品质和外观品质。碾米品质是指稻谷在碾磨后保持的状态,包括糙米率、精米率和整精米率,其中整精米率是国标优质米等级划分中的定级指标^[22]。外观品质一般指精米的形状、垩白性状、透明度、大小等外表物理特性,其中垩白是指稻米胚乳中白色不透明的部分,它是评价稻米外观品质优劣的一项重要指标^[23]。目前稻田种养模式尤其是稻鸭模式对稻米的碾米品质和外观品质有大量的研究。甄若宏等^[24]和王强盛等^[28]调查发现,稻鸭共作可显著提高稻米的糙米率、精米率及整精米率,而全国明等^[22]研究显示稻鸭共作对稻米的糙米率、精米率影响不显著,却能够提高稻米的整精米率。不过,对稻米的垩白情况研究结果均一致,稻鸭共作能够显著降低稻米的垩白粒率和垩白度。本试验中有机稻蟹和常规稻蟹处理显著降低了稻米的糙米率、精米率,但对整精米率影响不大,不过随施用有机肥量的增加,有明显提高整精米率的趋势。原因可能是糙米中蛋白质含量的增加可以提高稻米硬度,增强稻米抗碾磨破坏的能力^[26];此外,也会导致糙米淀粉的分散性降低和粘性增加^[27],这些性状均有利于稻米整精米率的提高。另外,有机稻蟹和常规稻蟹处理也显著降低了稻米的垩白粒率和垩白度,尤其以有机稻蟹 M1 处理最为显著。其原因一方面可能是有机稻蟹处理施入了大量的有机肥,同时稻田中养蟹引入的饵料、蟹粪以及生长期蜕壳等物质的综合作用增加了稻田土壤氮素含量,而通常认为稻米的垩白粒率和垩白度与施氮量呈显著的负相关,氮肥用量增加,将显著减少稻米的垩白粒率及垩白

度;另一方面也可能是有机稻蟹处理稻米的结实率、千粒重的增加促进了稻米垩白粒率和垩白度的降低,改善了垩白的发生情况^[28]。

稻米的内在品质包括稻米营养及蒸煮食味品质。稻米的营养品质指稻米中含有营养成分的程度。营养成分包括淀粉、蛋白质、脂肪、维生素、氨基酸等,其中稻米蛋白质是理想的植物蛋白,易被人体吸收^[29]。以往研究表明,水稻生产中施氮量与稻米的蛋白质含量呈极显著的正相关^[30],本试验 2 年的数据也表现出相同的趋势。此外,稻米的蛋白质含量与食味关系密切,其含量过高往往导致食味品质降低,即对食味具有一定的负效应^[22,24]。本试验显示,对于当地普遍栽培的水稻品种辽河 2 号而言,在适宜的生态环境和栽培管理措施下稻米品质性状能够很好地协调,在一定的范围内蛋白质含量的提高可能对食味具有一定的正效应,这与符冠富等^[31]和王强盛等^[25]的研究结果类似。稻米的蒸煮食味品质指稻米在蒸煮、食用过程中所表现的各种理化特征和感官特性,包括直链淀粉量和胶稠度^[22]。与稻米蛋白质变化规律相反,大量研究表明,随氮肥施用量的增加,直链淀粉含量会有下降趋势^[29],且直链淀粉低的稻米其米饭较粘、柔软性和光泽度较好^[24]。本试验表明,有机稻蟹各处理尤其是 M1 处理的直链淀粉含量最低,在一定程度上可增加米饭的质地和适口性,有利于改善稻米的蒸煮品质。胶稠度是精米粉碱糊化后的米胶冷却后的流动长度,由于有机稻蟹处理大量施入有机肥又养蟹的特殊模式增加了稻田氮素含量,而氮肥的施用与稻米胶稠度的长度成正相关。因此,进行有机稻蟹生产后稻米的胶稠度较高,从而改善稻米的食味品质。

由于本试验的年限较短,如何综合协调有机稻蟹水稻栽培的施肥模式、水平、产量、稻米的碾米和外观品质、蒸煮食味和营养品质等经济与质量因素,尚需作深入的研究。

参考文献:

- [1] Kleijn D, Berendse F, Smit R, Gilissen N. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes[J]. *Nature*, 2001, 413: 723 - 725
- [2] Kleijn D, Baquero R A, Clough Y, Diaz M, Deesteban J, Fernandez F, et al. Mixed biodiversity benefits of agri - environment schemes in five European countries[J]. *Ecology Letters*, 2006, 9 (3): 243 - 254
- [3] 陈飞星,张增杰. 稻田养蟹模式的生态经济分析[J]. *应用生态学报*, 2002, 13(3): 323 - 326
- [4] 王新,梁仁禄,李培军. 我国北方水田区稻 - 萍 - 蟹共生模式效益的研究[J]. *农业环境保护*, 2002, 21(1): 41 - 44

- [5] 杨银阁,曹海鑫,陈超,刘海,黄文,陈宝珠,李洁,刘科研,杨凯,关贵琴. 稻萍蟹农业生态模式的研究[J]. 吉林农业科学, 2007,32(6):24-26
- [6] 闫志利,林瑞敏,牛俊义,刘建华. 我国稻蟹共作技术研究的现状与前景展望[J]. 北方水稻,2008,38(2):5-8
- [7] 刘鸣达,安辉,王厚鑫,郝旭东. 不同稻蟹生产模式效益比较的初步研究[J]. 中国土壤与肥料,2009,(1):53-56
- [8] 中华人民共和国农业部标准. 米质测定方法 NY147-88[M]. 北京:中国标准出版社,1988:4-6
- [9] 国家质量技术监督局. 中华人民共和国国家标准 GB/T 17891-1999 优质稻谷[M]. 北京:中国标准出版社,1999
- [10] 胡文河,邓少华,贾恩吉. 不同群体水稻产量及产量性状间的相互关系[J]. 吉林农业大学学报,2002,24(5):9-12
- [11] 王国强,周静,崔键,刘方平,梁举,李辉信. 不同水肥组合对红壤地区早稻产量及氮肥利用率的影响[J]. 土壤,2008,40(3):392-398
- [12] Koutroubasa S D, Ntanos D A. Genotypic differences for grain yield and nitrogen utilization in Indica and Japonica rice under Mediterranean condition[J]. Field Crops Research, 2003, 83: 251-260
- [13] 鲁艳红,廖育林,汤海涛,黄铁平,夏海鳌,李向阳,左光华. 不同施氮量对水稻产量、氮素吸收及利用效率的影响[J]. 农业现代化研究,2010,31(4):479-483
- [14] Yadav R L, Dwivedi B S, Prasad K, Tomar O K, Shurpali N J, Pandey P S. Yield trends, and changes in soil organic - C and available NPK in a long - term rice - wheat system under integrated use of manures and fertilizers[J]. Field Crops Research, 2000, 68: 219-246
- [15] 郑兰君,曾广永,王鹏飞. 有机肥、化肥长期配合施用对水稻产量及土壤养分的影响[J]. 中国农学通报, 2001, 17(3): 48-50
- [16] 朱利群,张大伟,卞新民. 连续秸秆还田与耕作方式轮换对稻麦轮作田土壤理化性状变化及水稻产量构成的影响[J]. 土壤通报,2011,42(1):81-85
- [17] 侯立刚,赵国臣,刘亮,孙洪娇,李跃娜,郭希明,隋朋举. 有机水稻生产环境下稻鸭共作对产量构成因素的影响[J]. 吉林农业科学,2009,34(6):10-12
- [18] 石绍明,杨桂强. 桂东地区早稻稻鸭共作有机栽培试验初报[J]. 广西农学报,2010,25(4):1-4
- [19] 张苗苗,宗良纲,谢桐洲. 有机稻鸭共作对土壤养分动态变化和经济效益的影响[J]. 中国生态农业学报,2010, 18(2): 256-260
- [20] 单玉华,蔡祖聪,韩勇, Sarah E J, Roland J B. 淹水土壤有机酸积累与秸秆碳氮比及氮供应的关系[J]. 土壤学报, 2006,43(6): 941-947
- [21] 陈铭达,刘兆普,刘文斌,王景艳,叶志娟. 三峡库区稻田复养河蟹的农田生态系统能量特征与经济效益[J]. 山地学报,2005,23(4):469-475
- [22] 全国明,章家恩,杨军,陈瑞,许荣宝. 稻鸭共作对稻米品质的影响[J]. 生态学报,2008,28(7):3475-3483
- [23] 雷东阳,谢放鸣,陈立云. 杂交籼稻稻米外观品质性状杂种优势及其与亲本间分子遗传距离的相关性[J]. 核农学报, 2009,23(4):536-541
- [24] 甄若宏,王强盛,何加骏,周建涛,郑建初,卞新民. 稻鸭共作对水稻产量和品质的影响[J]. 农业现代化研究,2008,29(5):615-617
- [25] 王强盛,黄丕生,甄若宏,荆留明,唐和宝,张春阳. 稻鸭共作对稻田营养生态及稻米品质的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(4):639-645
- [26] Leesawatwong M, Jamjod S, Kuo J, Dell B, Rerkasem B. Nitrogen fertilizer increases seed protein and milling quality of rice [J]. Cereal Chemistry, 2005, 82(5): 588-593
- [27] Martin M, Fitzgerald M A. Proteins in rice grains influence cooking properties[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 36: 285-294
- [28] 许凤英,马均,王贺正,刘惠远,黄清龙,马文波,明东风. 水稻强化栽培下的稻米品质[J]. 作物学报,2005,31(5):577-582
- [29] 朱洪霞,王正银,董燕,胡小凤. 肥料对稻米品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2007,(1):9-12
- [30] 贺帆,黄见良,崔克辉,曾建敏,徐波,彭少兵, Buresh R J. 实时实地氮肥管理对水稻产量和稻米品质的影响[J]. 中国农业科学,2007,40(1):123-132
- [31] 符冠富,王丹英,徐春梅,彭建,韩博,陶龙兴,章秀福. 稻田冬季保护性耕作对土壤酶活性以及稻米品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(3):618-624

(责任编辑 邱爱枝)