



刘猷红,孟英,唐傲,等.化肥配施有机物料对盐碱地水稻产量和品质的影响[J].黑龙江农业科学,2022(8):19-24.

化肥配施有机物料对盐碱地水稻产量和品质的影响

刘猷红^{1,2},孟英^{1,2},唐傲^{1,2},董文军^{1,2},张喜娟^{1,2},王立志^{1,2},刘凯^{1,3},来永才^{1,3}

(1. 国家耐盐碱水稻技术创新中心东北中心,黑龙江 哈尔滨 150086;2. 黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所/黑龙江省作物分子设计与种质创新重点实验室,黑龙江 哈尔滨 150023;3. 黑龙江省农业科学院,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为促进盐碱地快速改良和高效利用,以不施肥(T0)、常规施肥(T1)、化肥配施(T2)处理为对照,研究化肥配施有机物料[化肥配施生物炭有机肥(T3)、化肥配施秸秆有机肥(T4)、化肥配施秸秆有机肥和生物菌肥(T5)]对水稻产量和品质的影响。结果表明,化肥配施有机物料能降低土壤 pH 和电导率,有利于盐碱地土壤改良,与未施有机物料处理相比,化肥配施有机物料对水稻增产效果明显,化肥配施秸秆有机肥和生物菌肥(T5)产量最高;龙稻 21 增产范围为 12.76%~189.87%,海稻 2 号的增产范围为 88.46%~151.40%;施用有机物料使穗长变长,穗粒数增多,株高、实粒重、结实率、千粒重均高于未施有机物料处理,穗数、穗粒数、结实率和千粒重 4 个产量构成因子与产量呈极显著正相关,相关系数大小依次为穗粒数>结实率>穗数>千粒重;在保证产量的前提下,化肥配施不同有机物料能提高稻米的加工品质和食味值,降低蛋白质含量,化肥配施生物炭有机肥(T3)处理稻米的整体品质最佳。

关键词:有机物料;盐碱地;产量;品质

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



松嫩平原是世界三大苏打盐碱地集中分布区之一,面积约为 342 万 hm^2 ^[1],其中黑龙江省盐碱地约 100 万 hm^2 ,且多为苏打盐碱土,土壤呈强碱性严重影响着作物的产量和品质^[2]。由于我国耕地资源有限,且盐碱化面积在逐渐增多,盐碱地作为我国后备土地资源,开发利用后可以有效缓解耕地压力。水稻在盐碱胁迫下表现为中度敏感,因此种植水稻是有效利用盐碱地、扩大水稻种植面积的重要途径^[3]。近些年,国内外学者关于如何治理盐碱地方面做了大量研究,重点在盐碱土改良技术与筛选优化改良物料等方面做了深入研究。目前,最常见的改良方法是化学改良措施,该方法具有见效快、效果好、成本低等优势^[4]。有机物料在农业生产中被公认为极佳的土壤改良物料,利用有机物料进行盐碱土改良不仅能改善土

壤理化性质、降低土壤含盐量,而且能增加土壤养分和有机质含量,改善土壤结构,提升土壤肥力^[5-9]。众多学者研究表明,有机肥和无机肥配施有利于提高作物产量、改善产品品质^[10-12]。顾巍巍等^[13]研究表明,使用有机肥可以明显增加水稻单位面积有效穗数、成穗率及结实率。张兰等^[14]研究表明,有机肥料不仅能提升稻米的营养价值,还能增加稻米的食味品质。吴春艳等^[15]研究表明,有机肥与化肥配施会明显降低稻米的外观品质,但能明显改善营养品质。然而化肥配施有机物料对盐碱地种稻影响的研究报道较少。为此,本试验开展了化肥配施不同有机物料对水稻产量和稻米品质影响的研究,以期对盐碱地水稻高产优质栽培提供理论依据与技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年在大庆市肇源县隆平弱碱米种植基地(124.65°N,45.63°E)进行。供试土壤为苏打盐碱土,含碱解氮 25.95 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 18.25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效钾 25.07 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有机质为 0.8%,全盐量为 0.82 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,pH 为 9.26。

1.2 材料

供试水稻品种(系)为龙稻 21 和海稻 2 号,分

收稿日期:2022-05-03

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费(CZKYF2021-2-C005,CZKYF2021-2-A002);黑龙江省科技计划省院科技合作项目(YS20B12);黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”专项(HNK2019CX02,HNK2019CX12)。

第一作者:刘猷红(1985—),男,博士,助理研究员,从事优质丰产水稻遗传育种及配套栽培技术研究。E-mail:liuyouhong1011@126.com。

通信作者:来永才(1964—),男,博士,研究员,从事作物栽培学与耕作学研究。E-mail:yame0451@163.com。

别由黑龙江省农业科学院耕作栽培研究所和国家耐盐碱水稻技术创新中心东北中心试验基地提供。供试有机物料为生物炭有机肥(含 $N+P_2O_5+K_2O \geq 7.3\%$ 、有机质 $\geq 60\%$)及秸秆有机肥(含 $N+P_2O_5+K_2O \geq 2.24\%$ 、有机质 $\geq 18.11\%$)。生物炭有机肥由肇东市绿景秸秆碳化有限公司生产,秸秆有机肥由肇东市黎明镇绿之源农作物种植专业合作社生产,生物菌剂为秸秆腐熟菌剂,由黑龙江省骏星生物科技有限公司生产。化肥包括硫酸铵(含 $N 21\%$)、磷酸二铵(含 $P_2O_5 46\%$ 、 $N 18\%$)、硫酸钾(含 $K_2O 50\%$)、重过磷酸钙(含 $P_2O_5 46\%$),均由云南云天化股份有限公司生产。

1.3 试验设计

本研究采用大田试验方法,以松嫩平原苏打盐碱地为试验田,在稻作条件下,设置 6 个处理,不施肥处理(T_0);当地常规施肥处理(T_1);硫酸铵(纯氮 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)、过磷酸钙($P_2O_5 70 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)、硫酸钾($K_2O 100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)配施(T_2);生物炭有机肥($7.5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)与氮磷钾肥配施(T_3);秸秆有机肥($7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)与氮磷钾肥配施(T_4);秸秆有机肥($7 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)及生物菌剂($0.29 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$)与氮磷钾肥配施处理(T_5);每个处理种植面积 150 m^2 ,整地前施入物料,随后灌水返田 1~2 d,最后进行耙地和插秧,根据当地习惯进行移栽,秧苗行株距为 $30.0 \text{ cm} \times 13.3 \text{ cm}$,每穴 10~14 株。至移栽后每 7 d 换水 1 次,各小区换水量为 80 m^3 ,8 月底进入收获期后减少换水次数进行晒田,成熟期适时收获。

氮肥施用时期与比例为基肥:蘖肥:调节肥:穗肥=3:4:1:2,氮肥施用总量为纯氮 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,钾肥按基肥:穗肥=1:1施用,磷肥、有机肥均作为基肥一次性施入。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 土壤 pH 和电导率的测定 于水稻成熟期采集 0~20 cm 耕层土壤,四分法取土,风干。采用数字酸碱度计通过电位法测定水土比为 5:1 土壤悬浊液的 pH;采用土壤电导率仪(PNT3000 COMBI)测定,土壤浸提液的电导率(EC),参比温度为 25°C 。

1.4.2 产量及产量构成因素调查 成熟期每个处理调查 3 次重复,每个重复调查连续 50 穴水稻

的有效穗数。按平均有效穗数选取考种样,每次重复分别取样 9 穴,调查每穗粒数,结实率及千粒重;选择每次重复 5 m^2 进行水稻实际测产,除去水分和杂质,折合实际产量。

1.4.3 稻米品质性状的测定 水稻成熟期籽粒收获后在室内储藏 90 d,采用大竹 FC2K 型砻谷机加工稻谷,测定糙米率;用 Kett 精米机加工后称重,测定精米率;整精米率和外观品质(垩白粒率和垩白度)采用万深 SC-E 型稻米品质分析仪测定。蒸煮与食味品质(直链淀粉、蛋白质含量和食味值)及营养品质(蛋白质含量)采用佐竹 RC-TA11A 型米粒食味计测定。

1.5 数据分析

采用 Excel 2007 整理和录入数据,用 SPSS 20.0 软件进行数据分析,LSD 法进行差异显著性检验($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 化肥配施有机物料对土壤 pH 和电导率的影响

2.1.1 pH 由图 1 可知,与 T_0 相比,其他处理的土壤 pH 较低,且 T_1 、 T_3 、 T_4 、 T_5 处理与 T_0 呈显著性差异,化肥配施有机物料处理间的土壤 pH 相差不大,在 8.15~8.33 之间,低于 T_2 处理 2.8%~4.9%,说明施用有机物料对 pH 影响效果明显。

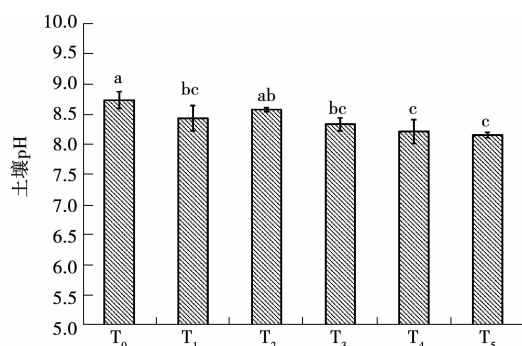


图 1 化肥配施有机物料对土壤 pH 的影响

注:不同小写字母表示在 $P < 0.05$ 水平差异显著。下同。

2.1.2 电导率 由图 2 可知,各处理间的土壤电导率达显著性差异,而化肥配施有机物料对土壤电导率的影响效果显著,与 T_2 处理相比, T_3 、 T_4 、 T_5 处理的电导率降幅在 7.5%~20.3%之间,说明施用有机物料对降低盐碱地土壤盐分的作用明显。

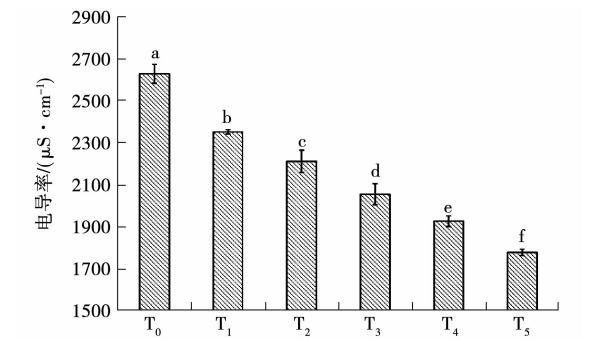


图 2 化肥配施有机物料对土壤电导率的影响

总之,化肥配施有机物料对降低土壤 pH 和电导率有明显作用,有利于盐碱地土壤改良。

2.2 化肥配施有机物料对盐碱地水稻农艺性状及产量构成因素的影响

由表 1 可知,龙稻 21 和海稻 2 号在化肥配施有机物料 T3、T4、T5 处理下与 T0、T1、T2 处理

相比,株高显著变高,穗长明显变长,穗粒数增多。添加有机物料 T3、T4、T5 处理的实粒重、结实率、千粒重均高于其他处理,海稻 2 号的实粒重显著高于 T0、T1、T2 处理。与 T0、T1、T2 相比,添加有机物料的 T3、T4、T5 处理龙稻 21 理论产量增产范围为 12.76%~189.87%; T3、T4、T5 处理海稻 2 号的增产范围为 88.46%~151.40%,与 T0、T1、T2 处理差异显著。产量与产量构成因素相关分析得出,4 个产量构成因素与产量呈极显著正相关,且相关性系数大小依次为穗粒数(0.727**) > 结实率(0.664**) > 穗数(0.659**) > 千粒重(0.383**)。综上所述,化肥配施不同有机物料有利于提高水稻产量,尤其是 T5 化肥配施秸秆有机肥和生物菌肥的增产效果显著。

表 1 化肥配施有机物料对盐碱地水稻农艺性状及产量构成因素的影响

品种	处理	株高/cm	穗长/cm	穗粒数	穗数	实粒重/g	结实率/%	千粒重/g	理论产量/[kg·(666.7 m²)⁻¹]
龙稻 21	T0	65.12 b	16.34 b	42.86 b	13.00 b	10.55 c	79.37 b	25.10 a	184.12 c
	T1	69.17 b	16.42 b	46.70 b	17.50 a	14.97 b	88.63 a	23.16 b	274.20 b
	T2	68.83 b	17.11 b	45.10 b	18.00 a	16.27 b	89.81 a	24.06 ab	293.41 b
	T3	77.50 a	18.20 ab	63.38 a	13.67 b	18.22 b	93.22 a	24.70 a	330.85 b
	T4	78.63 a	20.92 a	64.09 a	20.50 a	27.43 a	92.77 a	25.43 a	515.44 a
	T5	78.75 a	17.74 ab	65.45 a	20.75 a	28.74 a	94.71 a	25.00 a	533.71 a
海稻 2 号	T0	78.75 bc	14.12 bc	46.72 cd	13.00 bc	9.33 c	83.85 b	21.01 c	178.74 c
	T1	73.00 c	13.12 c	38.98 d	16.25 ab	9.84 c	76.01 c	24.18 b	184.64 c
	T2	84.92 b	14.94 abc	50.49 bc	9.83 c	10.29 c	89.68 ab	26.72 a	197.76 c
	T3	94.03 a	16.84 a	58.71 ab	15.50 ab	19.84 b	90.09 ab	27.69 a	372.69 b
	T4	96.48 a	15.74 ab	58.57 ab	18.00 a	21.62 ab	90.59 ab	26.71 a	423.67 a
	T5	95.00 a	16.46 a	60.56 a	17.50 a	22.94 a	94.37 a	27.06 a	449.35 a

注:不同小写字母表示同一品种、同一性状在不同处理下达 5%水平差异显著。下同。

2.3 化肥配施有机物料对盐碱地水稻实际产量的影响

由图 3 可知,与 T0、T1、T2 处理相比,化肥配施有机物料处理均提高了水稻产量。对于龙稻 21 而言,T4、T5 处理与 T0、T1、T2 处理达显著性差异。T1~T5 处理产量与 T0 相比分别增加 8.6%、15.5%、20.1%、27.1% 和 57.0%,说明化肥配施有机物料有利于提高龙稻 21 产量。对于海稻 2 号而言,T3~T5 处理产量均显著高于 T0~T2 处理,说明化肥配施有机物料对海稻 2 号增产效果显著。进一步证实化肥配施有机物料有利于提高水稻产量。

2.4 化肥配施有机物料对盐碱地水稻稻米品质的影响

由表 2 可知,对龙稻 21 的加工品质而言,化肥配施有机物料 T3、T4、T5 处理的精米率和整精米率高于其他处理,且精米率达显著性差异; T3、T4、T5 处理的外观品质优于 T0 和 T1 处理,食味值高于 T2 处理; T3、T5 处理的蛋白质含量低于 T2 处理,且 T3 处理与 T2 处理差异显著。说明在保证产量的前提下,化肥配施不同有机物料可以提高龙稻 21 稻米的加工品质,降低蛋白质含量和提高稻米食味值。

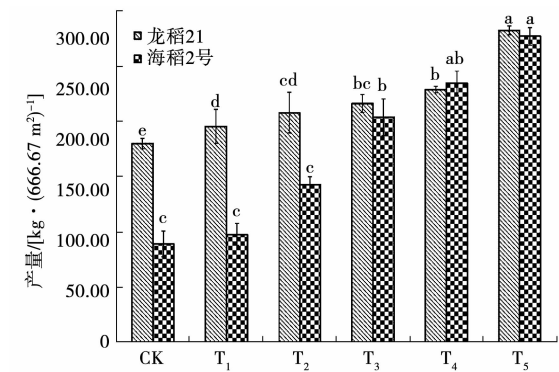


图 3 化肥配施有机物料对盐碱地水稻产量的影响

对海稻 2 号的加工品质而言,化肥配施有机物料 T3、T4、T5 处理的糙米率、精米率高于其他处理,T3 和 T5 的整精米率高于其他处理且差异显著;各施肥处理的处理品质均较 T0 处理降低,但 T3、T4、T5 处理优于 T1 和 T2 处理,说明施肥会降低稻米外观品质,而添加有机物料可以改善外观品质;T3、T4、T5 处理直链淀粉含量高于 T1 和 T2 处理且差异显著,食味值高于 T1 和 T2 处理,与 T1 差异显著;蛋白质含量低于 T1 和 T2 处理。说明与常规施肥和单独施用化肥相比,化肥配施有机物料有利于提高稻米品质,而添加生物炭有机肥的稻米食味评分最佳,整体品质较好。

表 2 不同处理对盐碱地水稻主要稻米品质性状的影响

品种	处理	加工品质			外观品质		蒸煮与食味品质		营养品质
		糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	垩白粒率/%	垩白度	直链淀粉含量/%	食味评分	蛋白质含量/%
龙稻 21	T0	77.84 b	66.36 b	43.66 de	4.95 a	1.77 a	18.33 a	84.33 a	6.93 b
	T1	79.34 a	65.97 b	40.88 e	4.28 a	1.43 a	18.10 a	83.00 ab	7.17 ab
	T2	79.36 a	66.79 b	47.25 cd	2.00 a	0.57 a	18.07 a	80.32 c	7.63 a
	T3	79.13 a	68.32 a	52.57 b	3.23 a	0.81 a	18.47 a	83.67 a	6.87 b
	T4	79.57 a	68.22 a	50.10 bc	2.88 a	0.35 b	17.87 b	80.33 c	7.67 a
	T5	79.64 a	68.89 a	59.00 a	2.77 a	0.91 a	18.13 a	81.00 bc	7.53 a
海稻 2 号	T0	80.20 ab	65.19 bc	36.41 c	1.23 b	0.26 c	18.43 ab	79.00 ab	7.73 cd
	T1	76.68 c	61.72 c	34.34 c	3.07 ab	0.94 ab	15.10 d	69.67 d	10.17 a
	T2	79.20 b	65.43 bc	44.06 b	4.36 b	1.31 a	16.60 c	73.67 c	9.33 ab
	T3	80.86 ab	70.60 a	52.70 a	1.55 b	0.50 a	18.80 a	81.00 a	7.30 d
	T4	80.57 ab	67.78 ab	42.68 b	2.60 ab	0.62 ab	17.67 b	76.00 bc	8.47 bc
	T5	81.43 a	70.52 a	53.39 a	2.29 b	0.41 c	18.37 ab	78.33 ab	8.00 cd

2.5 水稻产量与稻米品质的相关性分析

由表 3 可知,产量与糙米率、精米率、整精米率、直链淀粉含量、食味评分呈显著或极显著负相关,与蛋白质含量呈极显著正相关,说明随着产量的提高,稻米加工品质、直链淀粉含量、稻米食味评分均下降,蛋白质含量升高。稻米精米率、整精米率、直链淀粉含量与食味评分总体呈显著或极

显著正相关;蛋白质含量与食味评分呈极显著负相关,说明随着蛋白质含量的增加,稻米的食味评分显著降低。另外,稻米加工品质、直链淀粉含量与蛋白质含量呈显著或极显著负相关,稻米加工品质与直链淀粉含量呈显著或极显著正相关,垩白度、垩白粒率与糙米率均呈显著或极显著负相关,垩白度与垩白粒率呈极显著正相关。

表 3 水稻产量与稻米品质的相关性分析

指标	理论产量	糙米率	精米率	整精米率	垩白粒率	垩白度	直链淀粉含量	蛋白质含量	食味值
理论产量	1								
糙米率	-0.40**	1							
精米率	-0.51**	0.63**	1						
整精米率	-0.33*	0.21	0.75**	1					
垩白粒率	0.00	-0.41**	-0.21	-0.01	1				
垩白度	-0.04	-0.37*	-0.20	-0.04	0.84**	1			
直链淀粉含量	-0.52**	0.54**	0.64**	0.38*	-0.16	-0.16	1		
蛋白质含量	0.50**	-0.32*	-0.52**	-0.35*	0.03	0.00	-0.91**	1	
食味值	-0.51**	0.23	0.47**	0.36*	0.04	0.07	0.85**	-0.98**	1

注: * 和 ** 分别表示在 5% 和 1% 水平显著或极显著相关(双侧)。

3 讨论

已有研究显示,盐碱地增施有机肥料、有机和无机配施能够降低土壤 pH 和电导率,增加土壤有机质含量、全氮、速效磷和速效钾含量,提高土壤肥力,改善盐碱土壤生态环境,且改善幅度随有机肥施用量增加而增大^[16]。本研究结果表明,化肥配施有机物料也降低了土壤 pH 和电导率。有机肥作为盐碱地改良的重要物质,在水稻生产中增施有机肥能促进水稻分蘖、增加穗粒数和有效穗数,从而提高水稻产量^[17-19]。吴建富等^[20]研究表明,有机肥与化肥配施与单施化肥相比,促进水稻颖花的形成,从而提高水稻产量。这与本试验部分结果一致,本试验中化肥配施有机物料增产效果明显。

关于增施有机肥对稻米品质的影响研究有很多,但由于生态环境、试验品种等不同,研究结果不尽相同。苏瑞芳等^[21]研究表明,在水稻生产中施用有机肥可以降低垩白粒率和垩白度,提升稻米外观品质和稻米适口性。葛立立等^[22]研究表明,玉米秸秆有机物料还田可不同程度改善稻米的加工品质、外观品质、营养品质及食味性。本试验结果表明,与单施化肥相比,化肥配施有机物料能明显提高加工品质,食味评分升高,蛋白质含量下降,其结果与前人研究结果一致。王莹等^[23]研究表明,食味值与垩白粒率和垩白度呈极显著正相关,蛋白质含量与稻米食味呈现负相关。本试验结果表明,垩白粒率和垩白度与食味评分正相关但未达显著性,其他结论与前人研究结果基本一致。综上所述,化肥配施有机物料不仅能提高稻米产量,还具有提升稻米品质的作用。

因改良盐碱地的有机物料是缓效性肥料,试验结果需要长期的栽培才能体现出来,化肥配施有机物料对盐碱地培肥地力有很大帮助,但短期内提高稻米产量和品质的效果可能并不十分明显。有关盐碱地稻田如何科学培肥更有利于产量和品质的提升,还有待通过长期的试验进一步深入研究。

4 结论

本试验结果表明,化肥配施有机物料对土壤 pH 和电导率具有显著影响,有利于盐碱地土壤改良。化肥增施有机物料使水稻产量增加,株高显著增高,穗长明显变长、与产量相关的农艺性状明显高于未施有机物料处理。与 T0、T1、T2 相比,T3、T4、T5 处理龙稻 21 理论产量增产 12.76%~189.87%,海稻 2 号的增产 88.46%~151.40%,其中化肥配施秸秆有机肥和生物菌肥(T5)产量最高;4 个产量构成因素与产量的相关性大小依次为穗粒数(0.727**) > 结实率(0.664**) > 穗数(0.659**) > 千粒重(0.383**);在保证产量的前提下,与常规施肥和单独施用化肥相比,化肥配施有机物料有利于提高稻米的加工品质和食味值,降低蛋白质含量,而添加生物炭有机肥(T3)处理稻米的整体品质较好。

参考文献:

- [1] 李红宇,潘世驹,钱永德,等.混合盐碱胁迫对寒地水稻产量和品质的影响[J].南方农业学报,2015,46(12):2100-2105.
- [2] 周婵婵,王术,黄元财,等.不同水稻品种产量和品质对盐碱胁迫的响应[J].种子,2017,36(11):29-33.
- [3] 赫臣,陈立强,赵海成,等.化肥减量配施不同类型腐植酸有机肥对盐碱地水稻产量和品质的影响[J].河南农业科学,2019,48(5):16-21.
- [4] 张伶波,陈广锋,田晓红,等.盐碱土石膏与有机物料组合对作物产量与籽粒养分含量的影响[J].中国农学通报,2017,33(12):12-17.
- [5] 廖宗文,刘可星,毛小云.腐植酸的三大作用—有机营养、活化、微生态调控及其技术开发[J].腐植酸,2012(6):1-4.
- [6] 李北齐,王倡宪,孟瑶,等.生物有机肥对盐碱土壤养分及玉米产量的影响[J].中国农学通报,2011,27(21):182-186.
- [7] 郭振,王小利,徐虎,等.长期施用有机肥增加黄壤稻田土壤微生物量碳氮[J].植物营养与肥料学报,2017,23(5):1168-1174.
- [8] 胡立煌,史文竹,项剑,等.生物炭、秸秆和粪肥对滨海盐碱土氮矿化和硝化作用的影响[J].生态与农村环境学报,2020,36(8):1089-1096.
- [9] WU Y P, LI Y F, ZHENG C Y, et al. Organic amendment application influence soil organism abundance in saline alkali

- soil[J]. European Journal of Soil Biology, 2013, 54: 32-40.
- [10] 董春华, 曾闹华, 高菊生, 等. 长期有机无机肥配施对稻田杂草生长动态的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(24): 7329-7337.
- [11] 吴立鹏, 张士荣, 娄金华, 等. 有机无机配施对滨海盐渍化土壤磷含量及水稻生长、产量的影响[J]. 华北农学报, 2017, 33(1): 203-210.
- [12] 唐先干, 秦文婧, 谢金水, 等. 不同比例猪粪有机肥配施对稻穗不同部位氮含量分布的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(10): 1940-1945.
- [13] 顾巍巍, 顾树平, 张强等. 有机无机配施对水稻产量及产量构成因素的影响[J]. 上海农业学报, 2015, 31(6): 95-100.
- [14] 张兰, 班雁华, 龙智翔, 等. 不同有机肥料对有机稻米品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(22): 9287-9289.
- [15] 吴春艳, 陈义, 许育新, 等. 长期定位试验中施肥对稻米品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2008, 107(4): 256-260.
- [16] 张瑜, 徐子棋, 杨献坤. 不同改良剂对吉林西部重度盐碱土的改良及牧草的增产[J]. 森林工程, 2020, 36(2): 25-34.
- [17] 赵铁铮, 邱韩英, 王一丹, 等. 商品有机肥在水稻生产的施用效果初探[J]. 上海农业科技, 2013(4): 114-115.
- [18] 顾慧芬, 周奶弟, 吴增琪, 等. 不同有机肥及其用量对有机水稻的作用和效益研究[J]. 农业科技通讯, 2012(1): 30-32.
- [19] 蒋刚, 李经勇, 周凤云, 等. 有机肥和无机肥与土壤调节剂配施对水稻产量的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17): 8892-8893, 8929.
- [20] 吴建富, 朱俊英, 张美良, 等. 长期施肥对水稻产量及其生理特性的影响[J]. 中国土壤与料, 2007(1): 48-50.
- [21] 苏瑞芳, 李秀玲, 张婉英, 等. 商品有机肥对水稻生长、产量及稻米品质影响[J]. 上海农业学报, 2008, 24(4): 127-130.
- [22] 葛立立, 马义虎, 卞金龙, 等. 玉米秸秆还田与实地氮肥管理对水稻产量与米质的影响[J]. 中国水稻科学, 2013, 27(2): 153-160.
- [23] 王莹, 夏明, 于亚辉, 等. 盐碱地区水稻食味值及其与品质性状的关系[J]. 中国稻米, 2016, 22(5): 42-43.

Effects of Chemical Fertilizer and Organic Materials on Yield and Quality of Rice in Saline-Alkali Soil

LIU You-hong^{1,2}, MENG Ying^{1,2}, TANG Ao^{1,2}, DONG Wen-jun^{1,2}, ZHANG Xi-juan^{1,2}, WAGN Li-zhi^{1,2}, LIU Kai^{1,3}, LAI Yong-cai^{1,3}

(1. Northeast Branch of National Center of Technology Innovation for Saline-Alkali Tolerant Rice, Harbin 150086, China; 2. Institute of Crop Cultivation and Tillage, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Heilongjiang Provincial Key Laboratory of Crop Molecular Design and Germplasm Innovation, Harbin 150023, China; 3. Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to promote the rapid improvement and efficient utilization of saline-alkali soil, in this experiment without fertilization (T0), conventional fertilization (T1) and combined application of chemical fertilizer (T2) were used as control to study the effects of combination of organic material and chemical fertilizer [biochar organic fertilizer with chemical fertilizer (T3), straw organic fertilizer with chemical fertilizer (T4), straw organic fertilizer and microbial fertilizer with chemical fertilizer (T5)] on yield and quality of rice. The results showed that soil pH and electrical conductivity were decreased by using combination of organic material and chemical fertilizer, which were beneficial to saline-alkali soil improvement. Compared with the treatment without organic material, rice yield were increased by chemical fertilizer combined with organic material. The highest yield was chemical fertilizer combined with straw organic fertilizer and biological bacterial fertilizer (T5). The theoretical yield of Longdao 21 increased range was 12.76%-189.87%, and that of Haidao 2 was 88.46%-151.40%. The treatment combined with organic material had the longer panicle length, more grains per panicle, plant height, grain weight, the seed setting rate and 1 000-grain weight were higher than those without the organic material treatment. The correlation coefficients between the four yield components and yield were the grains number per panicle > the seed setting rate > the number of panicles > 1 000-grain weight. On the basis of ensuring yield, the application of chemical fertilizers with different organic materials could improve the processing quality and taste value of rice, and reduce the protein content. The rice quality was the best treated with chemical fertilizer combined with biochar organic fertilizer.

Keywords: organic materials; saline-alkali soil; yield; quality