

新型微生物菌肥对水稻产量构成的影响

张莹莹¹, 李新畅¹, 檀建新², 胡颖¹, 丁贵江¹, 季明月², 张玲¹, 李海燕¹, 张婷^{1*}

(1.承德市农林科学院, 河北承德 067000; 2.河北农业大学食品科技学院, 河北保定 071000)

摘要 与有机肥、牛粪和羊粪3种肥料作比较, 设置施肥量4.50、7.50、11.25、12.00、15.00 t/hm², 以不施肥为对照, 共21个处理, 探讨新型微生物菌肥在冀北地区水稻种植的适用性及应用效果。结果表明, 水稻产量表现为微生物菌肥>有机肥>羊粪>牛粪, 施用11.25 t/hm²微生物菌肥的水稻结实率达98.68%, 产量为7 740.15 kg/hm², 对水稻生长性状和产量构成有提升作用。综合分析, 施用11.25 t/hm²微生物菌肥为基底肥, 能够促进水稻生长、增加产量, 适宜在北方水稻高产栽培中推广应用。

关键词 水稻; 微生物菌肥; 产量构成

中图分类号 S511 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2023)24-0144-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.24.031



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of New Microbial Fertilizer on Rice Yield Composition

ZHANG Ying-ying¹, LI Xin-chang¹, TAN Jian-xin² et al (1.Chengde Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Chengde, Hebei 067000; 2.College of Food Science and Technology, Hebei Agricultural University, Baoding, Hebei 071001)

Abstract The applicability and application effect of new microbial fertilizer on rice planting in Northern Hebei were explored, compared with three kinds of fertilizers, namely organic fertilizer, cow manure and sheep manure. The fertilization amount was 4.50, 7.50, 11.25, 12.00, 15.00 t/hm². With no fertilization as the control, a total of 21 treatments were used to study. The results showed that the rice yield was in the order of microbial fertilizer>organic fertilizer>sheep dung>cow dung. The seed setting rate was 98.68%, the yield was 7 740.15 kg/hm² with 11.25 t/hm² microbial fertilizer. According to comprehensive analysis, 11.25 t/hm² microbial fertilizer as basal fertilizer could promote rice growth, increase yield, which was suitable for popularization and application in high-yield cultivation of rice in the northern.

Key words Rice; Microbial fertilizer; Yield composition

水稻作为我国的主要粮食作物, 总产量约为2.08亿t, 占我国总粮食产量的37.2%^[1-2]。冀北地区属于北方半湿润单季稻作区, 受气候限制水稻一年一季, 为追求产量施用大量化肥, 不利于农业的可持续发展。长期施用过量化肥不仅会浪费肥料, 导致土壤有机质含量下降和土壤酸化, 使植物体内吸收大量的重金属元素, 导致作物产量和品质下降, 并通过食物链最终在人体内富集^[3]。随着绿色种植的发展, 绿色粮食的理念不断被人们接受, 微生物菌肥作为一种新型的生物肥料被农业工作者用来代替传统肥料和化学肥料满足人们对于绿色粮食的需求。因其环境友好、功能全面等特点是当前使用较多的生物肥料^[4]。微生物菌肥中含有80多种活性微生物, 将对作物有益微生物菌群(EM菌)混合到有机肥料中, 作为基肥施用到土壤中^[5-7]。通过实现一次性施肥就能满足作物整个生长期的养分需求, 有利于培育健壮植株, 在提高肥料利用率的同时, 大幅度减少劳动成本投入^[8]。微生物菌肥还可以有效缓解农作物因连作和工业化肥滥用产生的问题, 起到良性调节作用, 产生正向效果^[9-10]。目前新型肥料的应用研究虽然较宽泛, 结论不尽相同, 尚无针对冀北地区主栽优势品种进行应用探索。尤其在冀北地区进行微生物菌肥替代其他肥料施用对水稻高产优质作用的研究较少。笔者以水稻作为研究对象, 在水稻种植中以微生物菌肥、有机肥、牛粪和羊粪作为基底肥, 通过田间小区试验, 明

确微生物菌肥对当地水稻产量的影响, 为水稻的高效优质栽培提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于2022年在河北省隆化县张三营镇南园子村示范基地试验田(116.62°E, 24.06°N)进行。示范区地处滦河、潮河交汇处, 水资源丰富; 无霜期62~180 d, 年日照时数2 500~3 100 h, 年降雨量400~800 mm; 土壤质地为褐色砂土, 土壤pH 6.9, 全氮1.05 g/kg, 全磷0.50 g/kg, 全钾36.4 g/kg, 前茬作物为水稻。

1.2 试验材料 供试水稻品种为五优稻一号, 全生育期140 d, 为黑龙江省五常市种子公司、黑龙江农业科学院第二水稻所选育。施用肥料种类为羊粪(Y)、牛粪(N)、兆沃田生物有机肥(承德沃田生物有机肥有限公司)(Z)、新型微生物菌肥(W)。

1.3 试验设计 采用随机区组设计, 将肥料作为底肥进行撒施, 微生物菌肥、有机肥、牛粪、羊粪设置不同肥料梯度, 试验梯度见表1, 共21个处理, 以不施肥作为对照, 每个处理3次重复, 小区面积为30 m², 插秧规格30.0 cm×14.00 cm(23.82万穴/hm²)。其他农艺措施与田间管理均按当地要求进行。试验期间, 各小区田间管理采取统一措施。

试验于2022年4月15日播种, 5月25日将肥料作为底肥进行撒施, 5月26日移栽, 于10月15日收获。

1.4 测定项目与方法 在水稻成熟期, 对角线五点取样, 每点取1 m²选取各处理小区水稻植株, 实收测产。测定项目包括株高、茎粗、叶片数、分蘖数、有效穗数、每穗粒数、千粒重、籽粒产量。

基金项目 河北省重点研发计划项目“冀北冷凉山区农业废弃物低温快速发酵复合菌剂的研发”(21327306D)。

作者简介 张莹莹(1989—), 女, 河北承德人, 助理研究员, 硕士, 从事水稻栽培技术研究。* 通信作者, 助理研究员, 硕士, 从事农业应用微生物研究。

收稿日期 2023-01-10

表 1 水稻底肥设计

Table 1 Design of basal fertilizer for rice

处理 Treatment	肥料类型 Fertilizer type	用量 Dosage//t/hm ²
CK	不施肥(对照)	无底肥
W1	施用微生物菌肥	4.50
W2		7.50
W3		11.25
W4		12.00
W5		15.00
Z1	施用有机肥	4.50
Z2		7.50
Z3		11.25
Z4		12.00
Z5		15.00
N1	施用腐熟发酵牛粪	4.50
N2		7.50
N3		11.25
N4		12.00
N5		15.00
Y1	施用腐熟发酵羊粪	4.50
Y2		7.50
Y3		11.25
Y4		12.00
Y5		15.00

1.5 数据处理 利用 Microsoft Excel 2010 软件对试验数据进行记录和作图,采用 SSPS 25.0 软件数据处理系统进行差

异显著性分析(Duncan's 新复极差法, $P < 0.05$), 独立样本 t 检验,相关性分析检验。

2 结果与分析

2.1 不同肥料和用量对水稻产量构成因素的影响 不同肥料和施肥量处理对水稻穗数、穗粒数、结实率及千粒重有显著影响(表 2)。肥料种类对水稻穗数有一定的影响($F = 48.45$, $P = 0.001$), 穗数表现为有机肥>微生物菌肥>羊粪>牛粪;施肥量对穗数影响显著($F = 25.96$, $P = 0.001$), 15.00 t/hm² 有机肥处理穗数最多为 511.7 穗/m², 显著高于其他处理。肥料种类对水稻穗粒数有一定的影响($F = 15.19$, $P = 0.000 1$), 穗粒数表现为微生物菌肥>羊粪>牛粪>有机肥;施肥量对水稻穗粒数影响显著($F = 7.87$, $P = 0.000 1$), 施肥处理显著高于未施肥处理。11.25 t/hm² 微生物菌肥处理穗粒数最多为 125.56 粒/穗。肥料种类对水稻结实率有一定的影响($F = 4.61$, $P = 0.005$), 结实率表现为微生物菌肥>牛粪>有机肥>羊粪, 施肥量对结实率影响显著($F = 104.86$, $P = 0.000 1$)。11.25 t/hm² 微生物菌肥处理结实率最高为 98.68%。肥料种类对水稻千粒重无显著影响($F = 1.04$, $P = 0.38$), 千粒重表现为牛粪>羊粪>微生物菌肥>有机肥;施肥量对千粒重影响显著($F = 3.30$, $P = 0.01$), 11.25 t/hm² 微生物菌肥处理千粒重最重为 26.40 g。

表 2 不同肥料种类和施肥量下水稻产量构成因素

Table 2 The yield traits of rice under fertilizer types and fertilizer quantity treatments

施肥量 Rate of fertilizer application t/hm ²	穗数 Number of spikes//穗/m ²				穗粒数 Number of grains per ear//粒/穗			
	微生物菌肥(W) Microbial fertilizer	有机肥(Z) Organic fertilizer	牛粪(N) Cow dung	羊粪(Y) Sheep dung	微生物菌肥(W) Microbial fertilizer	有机肥(Z) Organic fertilizer	牛粪(N) Cow dung	羊粪(Y) Sheep dung
0	189.36±24.16 l	240.24±24.63 ghijkl	203.62±20.39 kl	202.95±23.05 kl	76.11±18.17 efg	64.41±11.92 fghi	70.25±21.4 fgh	75.12±19.17 fg
4.50	267.75±38.09 efghij	313.47±5.95 defg	285.60±21.72 efghi	208.25±5.95 jkl	79.36±8.18 defg	78.50±3.33 defg	51.28±7.96 hi	61.27±4.24 ghi
7.50	321.30±34.35 cdef	362.95±5.95 bcd	208.25±11.39 jkl	220.15±11.39 jkl	85.20±9.80 cdef	58.71±1.89 ghi	76.58±8.79 efg	101.01±11.69 bcd
11.25	303.45±17.85 defg	386.75±20.32 b	297.50±6.87efgh	285.60±9.71 efghi	125.56±13.59 a	81.49±7.73 defg	72.28±4.17 fgh	77.73±5.12 defg
12.00	368.90±41.79 bc	374.85±5.95 bc	261.80±9.71 fghijk	297.50±6.87 efgh	86.52±11.38 cdef	85.96±2.56 cdef	75.97±5.9 efg	105.77±2.04 abc
15.00	327.25±5.95 bede	511.70±15.36 a	226.10±6.87 ijkl	291.55±14.97 efgh	111.78±4.29 ab	44.06±2.97 i	107.92±7.37 abc	99.3±9.53 bede
施肥量 Rate of fertilizer application t/hm ²	结实率 Seed setting rate//%				千粒重 Thousand kernel weight//g			
	微生物菌肥(W) Microbial fertilizer	有机肥(Z) Organic fertilizer	牛粪(N) Cow dung	羊粪(Y) Sheep dung	微生物菌肥(W) Microbial fertilizer	有机肥(Z) Organic fertilizer	牛粪(N) Cow dung	羊粪(Y) Sheep dung
0	91.05±2.31 g	91.05±2.31 g	91.05±2.31 g	91.05±2.31 g	24.50±2.07 cd	24.50±2.23 cd	24.50±1.23 cd	24.50±2.23 cd
4.50	97.44±2.05 abcde	97.87±0.33 abc	97.02±0.06 bcde	97.19±0.09 abcde	23.95±0.68 d	24.25±0.62 cd	24.40±1.56 cd	25.80±0.26 abc
7.50	98.28±0.81 ab	95.86±0.01 ef	96.80±0.10 bcdef	97.46±0.06 abcde	24.72±0.57 bed	25.00±0.60 abcd	24.80±0.98 bed	25.50±0.21 abcd
11.25	98.68±0.18 a	96.65±0.12 bcdef	97.33±0.03 abcde	95.26±0.20 f	26.40±0.29 a	25.12±0.15 abcd	26.17±0.09 ab	25.00±0.23 abcd
12.00	97.83±0.23 abcd	96.37±0.09 cdef	97.73±0.27 abcd	97.59±0.15 abcd	25.12±0.26 abcd	25.37±0.05 abcd	25.20±1.58 abcd	24.20±0.19 d
15.00	97.22±0.16 abcde	97.66±0.08 abcd	96.77±0.06 bcdef	96.19±0.02 def	24.22±0.97 cd	24.40±0.78 cd	26.10±0.76 ab	24.80±0.19 bed

注:不同小写字母表示同一性状不同施肥量及肥料种类间差异显著($P < 0.50$)。

Note: Different lowercases indicated significant difference between different fertilizer application rates and types at the same trait.

2.2 不同肥料和用量对水稻产量的影响 不同肥料和施肥量处理对水稻实际产量有显著影响(表 3)。肥料种类对水稻实际产量有一定的影响($F = 9.72$, $P = 0.000 1$), 实际产量表现为微生物菌肥>有机肥>羊粪>牛粪, 11.25 t/hm² 微生物菌肥处理实际产量最高为 7 740.15 kg/hm², 与 15.00 t/hm² 微生物菌肥处理产量无显著差异, 但显著高于其他处理。

2.3 水稻农艺性状和肥料种类及施肥量的相关性分析 为

了考察不同农艺性状与肥料种类及施肥量的关系, 对测定的 11 个农艺性状进行相关性分析, 结果见表 4。农艺性状与肥料种类之间, 叶片数、有效分蘖率和穗粒数与肥料种类呈极显著正相关($P < 0.01$), 与分蘖数、穗数呈极显著负相关($P < 0.01$); 农艺性状与施肥量之间, 株高、茎粗、叶片数、分蘖数、穗数、穗粒数和结实率呈极显著正相关($P < 0.01$)。

表 3 不同肥料种类和施肥量下水稻产量

Table 3 The grain yield of rice under fertilizer types and fertilizer quantity treatments

单位: kg/hm²

施肥量 Rate of fertilizer application // t/hm ²	微生物菌肥 (W) Microbial fertilizer	有机肥 (Z) Organic fertilizer	牛粪 (N) Cow dung	羊粪 (Y) Sheep dung
0	3 385.35±92.73 fg	3 385.35±84.91 g	3 385.35±92.26 g	3 376.20±103.40 g
4.50	4 217.85±136.27 cdef	4 852.95±164.53 c	3 661.50±495.15 fg	3 667.20±466.16 fg
7.50	5 790.45±180.59 b	4 723.50±228.79 c	3 748.20±213.05 efg	3 748.20±255.50 efg
11.25	7 740.15±118.20 a	7 114.65±280.85 a	4 614.15±320.38 cd	3 858.45±379.21 fg
12.00	6 781.80±145.36 ab	5 948.70±92.76 b	4 465.35±411.38 cde	4 807.65±143.71 c
15.00	7 704.75±347.85 a	5 320.95±246.63 a	4 392.15±222.40 cdef	5 755.80±269.41 b

注:不同小写字母表示同一性状不同施肥量及肥料种类间差异显著 ($P<0.50$)。

Note: Different lowercases indicated significant difference between different fertilizer application rates and types at the same trait.

表 4 农艺性状和肥料种类及施肥量的相关性分析

Table 4 Correlation analysis of agronomic traits and fertilizer types and fertilizer quantity

性状 Character	肥料种类 Fertilizer types	施肥量 Rate of fertilizer application	株高 Plant height	茎粗 Stem diameter	叶片数 Blade number	分蘖数 Tiller number	有效分蘖率 Ratio of productive tiller	穗数 Number of spikes	穗粒数 Number of grains per ear	结实率 Seed setting rate	千粒重 1 000-grain weight	实际产量 Actual production	理论产量 Theoretical yield
肥料种类 Fertilizer types	1	0	0.032	0.137	0.280**	-0.312**	0.322**	-0.271**	0.424**	0.096	-0.010	0.093	0.190
施肥量 Rate of fertilizer application		1	0.561**	0.384**	0.341**	0.254**	-0.156	0.522**	0.360**	0.561**	0.169	0.657**	0.726**
株高 Plant height			1	0.463**	0.330**	0.016	0.248*	0.092	0.460**	0.384**	0.240*	0.319**	0.566**
茎粗 Stem diameter				1	0.425**	0.242**	0.149	0.257*	0.370**	0.358**	0.114	0.385**	0.581**
叶片数 Blade number					1	0.524**	0.112	0.452**	0.166	0.458**	0.161	0.470**	0.597**
分蘖数 Tiller number						1	-0.288**	0.884**	-0.310**	0.310**	0.066	0.559**	0.369**
有效分蘖率 Ratio of productive tiller							1	-0.266**	0.294**	0.036	0.052	-0.014	0.090
穗数 Number of spikes								1	-0.205*	0.402**	-0.031	0.672**	0.522**
穗粒数 Number of grains per ear									1	0.172	0.056	0.291**	0.586**
结实率 Seed setting rate										1	0.379**	0.513**	0.533**
千粒重 Thousand kernel weight											1	0.163	0.192
实际产量 Actual production												1	0.777**
理论产量 Theoretical yield													1

注: * 表示显著相关 ($P<0.05$); ** 表示极显著相关 ($P<0.01$)。

Note: * indicated significant difference at 0.05 level; ** indicated extremely significant difference at 0.01 level.

3 结论

水稻优质高产对于国家粮食安全和农业绿色及地方经济持续发展具有重要意义。肥料种类在一定程度上影响作物的农艺性状,最终会影响水稻产量。该研究表明,实际产量表现为微生物菌肥>有机肥>羊粪>牛粪,施用新型微生物菌肥对水稻生长和产量有促进作用。施用 11.25 t/hm² 微生物菌肥效果最佳,水稻产量为 7 740.15 kg/hm²,高于未施肥 128.63%,高于 11.25 t/hm² 有机肥 8.70%。微生物菌肥可在绿色食品生产中起到保护作用,促进作物生长发育和提高作物品质,对生态环境无不良影响^[11-12]。目前众多学者所研究的生物菌肥在水稻生产上均有积极作用,微生物菌肥主要通过通过对水稻营养物质的矿化、共生菌根、固氮作用、病原微生物的活动与病害、代谢产物的抑制和促进作用等方面对植物的生长产生影响,从而实现水稻增产增益效果^[13]。综合分析,施 11.25 t/hm² 微生物菌肥为基底肥,适宜在北方稻作区水稻高产栽培中推广应用。

参考文献

[1] 张济世,刘春增,吕玉虎,等.紫云英与化肥配施对水稻生长及磷素利用

- 的影响[J].河南农业科学,2022,51(11):82-90.
- [2] 中华人民共和国国家统计局.中国统计年鉴 2021[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [3] 李婷,吴海波.施用化肥对农业生态环境的影响及对策[J].智慧农业导刊,2022,2(19):46-48.
- [4] 吴昊,杨万仁,王锐.复合微生物菌剂对土壤养分及水稻产量的影响[J].安徽农学通报,2022,28(3):35-36,48.
- [5] 武杞蔓,张金梅,李玥莹,等.有益微生物菌肥对农作物的作用机制研究进展[J].生物技术通报,2021,37(5):221-230.
- [6] 王东升,王蓓,李伟明,等.氨基酸水溶肥料和 EM 微生物菌剂对设施白菜生长和品质的影响[J].土壤通报,2020,51(3):661-667.
- [7] 卢华雨,张星星,文新亚,等.施用不同种类肥料对谷子产量与品质的影响[J].山西农业科学,2022,50(8):1119-1123.
- [8] 田利英,李胜利,汪强,等.缓释钾肥对黄瓜幼苗生长的影响[J].北方园艺,2018(16):65-70.
- [9] 番华彩,魏薇,曾莉,等.香蕉枯萎病和健康植株根际土壤细菌群落结构差异对比分析[J].西南农业学报,2021,34(9):1885-1891.
- [10] 刘云峰,杨宁,温丹,等.微生物菌肥在园艺作物上的应用研究[J].安徽农业科学,2022,50(7):11-15.
- [11] 袁雅文.有益微生物作用机理及微生物菌肥的应用前景[J].杂交水稻,2022,37(4):7-14.
- [12] ZHANG Z, LIU X F, WANG P, et al. The heat deficit index depicts the responses of rice yield to climate change in the northeastern three provinces of China[J]. Regional environmental change, 2014, 14(1):27-38.
- [13] 张振钧.微生物菌肥对低温下水稻生长发育的影响[D].牡丹江:牡丹江师范学院,2021.