

Research on the effects of reduced fertilizer use combined with microbial inoculants on rice growth and biomass

Chengjin Chen¹ Zhiqiang Pei^{2*}

1. Guangdong Tianhe Agricultural Means of Production CO., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 510080, China

2. Tianjin Kunhe Biotechnology Group Co., Ltd., Tianjin, 300270, China

Abstract

On the premise of reducing chemical fertilizer, the application of microbial agent was increased, and the total amount of application was unchanged. Three treatments were designed based on conventional fertilization (CK) treatment, microbial agent 1 (T1, microbial agent: compound fertilizer = 1:1) and microbial agent 2 (T2, microbial agent: compound fertilizer = 3:5) treatment, and the application effect of microbial agent on rice was studied. The results showed that the small amount of microbial agent administration had no significant effect on rice growth and biomass. The application of T1 treatment microbial agents had an effect on the early growth of rice, but it could promote the plant height and leaf length growth of medium-term rice; it significantly increased the number of grains per panicle, the number of panicle branches, the number of grains per panicle and the thousand grain weight, which by 36.8%, 13.7%, 54.9% and 11.3%, respectively, compared with conventional fertilization treatment; it could also improve the biomass of grains and roots, which increased by 22.8% and 14.8%, respectively compared with the conventional fertilization. Therefore, the T1 treatment was beneficial to improve the quality and yield of rice.

Keywords

rice; microbial inoculant; thousand-grain weight; biomass.

化肥减量与微生物菌剂配合施用对水稻生长和生物量的影响研究

陈成锦¹ 裴志强^{2*}

1 广东天禾农资股份有限公司，中国·广东广州 510080

2 天津坤禾生物科技股份有限公司，中国·天津 300450

摘要

在化肥减量的前提下，增施微生物菌剂，总施用量不变，以常规施肥为对照，设计了3个处理，分别是常规施肥（CK）处理、微生物菌剂1（T1，微生物菌剂：复合肥=1:1）和微生物菌剂2（T2，微生物菌剂：复合肥=3:5）处理，研究微生物菌剂在水稻上的应用效果。结果表明，少量微生物菌剂施用对水稻长势生长和生物量没有显著影响。T1处理微生物菌剂施用对水稻前期生长有影响，但能促进中期水稻的株高和叶长生长；明显提高水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重，较常规施肥处理分别提高了36.8%、13.7%、54.9%和11.3%；也能提高稻谷和根系的生物量，较常规施肥分别提高了22.8%和14.8%。因此T1处理有利于水稻品质和产量的提升。

关键词

水稻；微生物菌剂；千粒重；生物量

1 引言

水稻是我国的主要粮食作物，占我国粮食40%左右，约占世界稻米总产量的30%，在南方水稻种植不仅保障了我国粮食安全，还成为重要的轮作作物^[1-2]。土壤是作物生长

【作者简介】陈成锦（1986-），男，中国广东阳山人，本科，助理农艺师，从事农作物营养研究。

【通讯作者】裴志强（1993-），男，中国甘肃天水人，硕士，助理农艺师，从事农田土壤与作物生长环境关系研究。

的基础，在中国耕作面积仅占世界耕作面积8.6%的情况下，化肥施用量占世界用量30.9%，是发达国家2.5倍以上^[3-5]。化肥过量施用造成了化肥利用率下降，生态环境污染，破坏了生态平衡，严重危害农业和社会的可持续发展，甚至威胁人类健康^[6-7]。因此需研制绿色环保的新型肥料以实现农业可持续发展。农用微生物菌剂作为近年来运用到农业上的生态友好、可持续的途径^[8]。以植物根际促生菌（plant growth-promoting rhizobacteria, PGPR）为核心的微生物肥料是一类以微生物生命活动及其产物使农作物得到特定肥料效应的微生物活体制品^[9-10]。微生物菌剂具有改良土壤环境、减少

病害、促进作物生长和提升作物产量和品质方面的作用^[11-12]。这是由于微生物菌剂能促进土壤中难溶性养分释放，提升土壤有机质含量和土壤养分供给能力^[13-14]。同时，微生物也能增强土壤酶活性，分泌细胞分裂素、生长素等活性物质，促进作物生长发育^[15-16]。因此，利用微生物菌剂促进水稻增产、提高肥料利用率和减轻环境污染具有重要意义。本文以水稻作为研究对象，通过施用微生物菌剂减少化肥的使用量研究对水稻生长和产量的影响，为今后微生物复合肥在水稻上的应用提供参考。

2 试验区概况

此次试验地块常年种植水稻，分为早稻和晚稻。该种植户施肥水平为当地的平均水平，整体产量较低。试验土壤为粘壤土，有机质含量 21.6g/kg，土壤全氮 1.37g/kg，有效磷 32.63 mg/kg，速效钾 119.2mg/kg，土壤 pH 值 4.8，EC 值 123.9us/cm⁵。

3 材料与方法

3.1 供试材料

供试水稻品种：丽丝香占；

供试肥料：微生物菌剂（天津坤禾生物科技集团股份有限公司生产），有效菌种：枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌、地衣芽孢杆菌、胶冻样类芽孢杆菌，有效活菌数≥5.0亿/g，Ca≥12.0%、Mg≥2.0%、有机质≥12.0%；复合肥（22-10-14）。

3.2 试验处理与管理

试验于 2024 年在广东省江门市塘冲村晚稻种植进行，地理位置为 E112° 16' 13"、N22° 6' 40"。采用田间区组试验方法，3 次重复，处理的种植面积为 600-800m²，各处理单独灌水。秧田管理除施肥不同外，其他田间管理均相同。

在同等用肥量前提下，试验设 3 个处理。分别为常规施肥处理（CK）：返青肥施用复合肥 15kg/亩，分蘖肥施肥复合肥 25kg/亩；微生物菌剂 1 处理（T1）：底肥施用微生物菌剂 20kg/亩，返青肥施用复合肥 20kg/亩；微生物菌剂 2 处理（T2）：底肥施用微生物菌剂 15kg/亩，返青肥施用复合肥 25kg/亩。底肥为 8 月 7 日、返青肥为 8 月 14 日、分蘖肥为 8 月 23 日施用。8 月 7 日插秧，农户采用抛秧种植模式，23-26 穴/m²。

3.3 测试方法

3.3.1 长势测定

在试验开始后分别在 7 月 9 日、7 月 30 日、9 月 9 日测定株高、叶宽、叶长。株高、叶宽和叶长均采用普通米尺测定（保留 0.01cm）。每个重复随机测定 5 株，求平均值。株高为测定从植株根部土表面到植株茎叶伸展最高处的高度，同时测定顶部展开叶的叶宽和叶长。

3.3.2 产量、千粒重和不同部位生物量测定

收获时每个重复收获 3 个 1m² 的地上部鲜生物量，脱

粒后称单位面积鲜谷重。每个重复随机取一穴，将 0-20cm 土壤的根挖出，洗干净泥土、沥干水分后整体称重，将根部分离，分别称地上部和根部鲜重。带回鲜谷和样品株进行晒干称重，计算含水量、产量和不同部位生物量。

3.3.3 数据处理

试验数据采用 Excel 2013 方法进行数据处理，采用 SPSS 22.0 软件进行统计分析。

4 结果与分析

4.1 对不同时期水稻长势性状影响

各处理对水稻不同时期株高、叶长和叶宽的影响如下表所示。9 月 5 日水稻生长，T1 处理株高和叶宽均显著低于 CK 和 T2 处理，叶长各处理间没有显著性差异。9 月 13 日，T1 处理水稻株高和叶长显著高于 CK 处理，分别较 CK 处理提高了 9.5% 和 8.9%，叶宽各处理间没有显著差异。9 月 29 日，水稻株高各处理差异未达显著水平，T1 处理叶最长，为 51.56cm，与 CK 处理达到显著性水平，CK 处理叶宽最宽，较 T2 处理达到显著性水平。综合 3 个时期水稻株高、叶长和叶宽来看，在水稻插秧后第 1 个月 CK 处理和 T2 处理生长较快，一个月后 T1 处理明显比 CK 处理生长快。

表 1 不同处理水稻株高、叶长和叶宽

日期	处理	株高 /cm	叶长 /cm	叶宽 /cm
9 月 5 日	CK	70.70 ± 2.39a	47.68 ± 2.60a	1.08 ± 0.09a
	T1	65.98 ± 1.75b	44.80 ± 2.86a	0.96 ± 0.07b
	T2	69.46 ± 2.49a	45.69 ± 2.20a	1.09 ± 0.07a
9 月 13 日	CK	76.59 ± 5.30b	49.72 ± 4.18b	1.16 ± 0.16a
	T1	83.90 ± 3.12a	54.14 ± 2.00a	1.13 ± 0.08a
	T2	79.43 ± 4.18ab	51.54 ± 2.55ab	1.09 ± 0.15a
9 月 29 日	CK	94.37 ± 9.44a	40.74 ± 5.04b	1.83 ± 0.12a
	T1	97.57 ± 3.64a	51.56 ± 6.52a	1.70 ± 0.22ab
	T2	91.77 ± 3.84a	43.54 ± 7.61ab	1.62 ± 0.21b

注：同一时间同列不同字母表示处理间差异显著（P < 0.05），下同。

4.2 对水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重影响

不同处理对水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重影响如下表所示。水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重均是 T1 > T2 > CK 处理，T1 处理最高，且显著高于 CK 处理，较 CK 处理分别提高了 36.8%、13.7%、54.9% 和 11.3%。穗粒数、穗枝数、穗实粒数 T1 处理和 T2 处理未达显著水平，千粒重 T1 处理显著大于 T2 处理，较 T2 处理提高了 9.3%。说明减施化肥用量，适当配施微生物菌剂对水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重的增加都有明显的促进作用。

表 2 不同处理水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重

处理	穗粒数	穗枝数	穗实粒数	千粒重
CK	158.17 ± 24.40b	15.83 ± 0.76b	107.50 ± 37.11b	18.33 ± 1.12b
T1	216.33 ± 10.77a	18.00 ± 0.50a	166.50 ± 12.62a	20.40 ± 0.36a
T2	174.00 ± 8.26ab	16.67 ± 0.58ab	125.17 ± 16.33ab	18.67 ± 0.23b

4.3 对水稻不同部位生物量影响

不同处理对水稻各部位生物量的影响如下表所示。水稻茎叶、稻谷和根部生物量均表现为 T1 > T2 > CK 处理，其中茎叶部生物量各处理间未达显著水平，稻谷和根部生物量 T1 处理显著高于 CK 处理，较 CK 处理分别提高了 22.8% 和 14.8%。说明 T1 处理能明显提升水稻稻谷和根部生物量。

表 3 不同处理各部位生物量

处理	生物量 kg/m ²		
	茎叶	稻谷	根
CK	1.26 ± 0.10a	0.47 ± 0.01b	0.46 ± 0.02b
T1	1.52 ± 0.09a	0.55 ± 0.03a	0.57 ± 0.04a
T2	1.38 ± 0.26a	0.49 ± 0.05ab	0.48 ± 0.09ab

5 讨论与结论

此次研究发现，水稻田减少化肥用量，增施微生物菌剂，对水稻前期的长势有影响，但能促进中期水稻的株高和叶生长，主要是水稻生长前期过多减少化肥用量，会影响水稻对氮磷钾的吸收，从而影响株高和叶片生长，但施用微生物菌剂能促进水稻根系生长^[17-18]，促进了中期根系对养分的吸收，这与测得水稻根系生物量结果一致。

水稻田化肥施用量到一定水平后对水稻产量提升没有明显作用，但增施土壤有益菌、钙肥和有机质对水稻的千粒重和各部位生物量都有明显提升作用^[19-21]。少量施用微生物菌剂对水稻生长和生物量水平没有显著影响。适当施用微生物菌剂能明显提高水稻穗粒数、穗枝数、穗实粒数和千粒重，较 CK 处理分别提高了 36.8%、13.7%、54.9% 和 11.3%。也能提高稻谷和根系的生物量，较 CK 处理分别提高了 22.8% 和 14.8%。

参考文献

- [1] 胡锦辉.不同C/N秸秆还田及增氧措施对稻田水土碳氮动态与温室气体排放的影响研究[D].南京农业大学,2022.
- [2] 张莹莹,李新畅,檀建新,等.新型微生物菌肥对水稻产量构成的影响[J].安徽农业科学,2023,51(24): 144-146.
- [3] 剧成欣,季红娟,张春梅,等.中国水稻生产“双减”的目的意义与途径方法[J].中国农学通报,2018,34(23):12-18.
- [4] 易小燕,袁梦,尹昌斌.我国种植业化学品投入状况与转变路径研究[J].中国工程科学,2017,19(04):124-129.
- [5] 仲乃琴,刘宁,赵盼,等.中国马铃薯化肥农药减施的现状与挑战[J].科学通报,2018,63(17):1693-1702.
- [6] 代诗佳,王敬敬,魏茉,等.贝莱斯芽孢杆菌FH-1通过调控特定时空的土壤微生物组促进水稻苗生长[J].微生物学通报,2024,51(07):2381-2410.
- [7] 郭庆人.膜下滴灌水稻栽培技术对降低甲烷气体排放以及化肥、农药施用污染的探讨[J].作物研究,2012,26(03):278-281.
- [8] 赵思崎.复合菌剂对水稻根际土壤微生物组的影响[D].天津科技大学,2020. DOI:10.27359/d.cnki.gtqgu.2020.000401.
- [9] Calvo, Pamela, L. Nelson , and J. W. Kloepper. Agricultural uses of plant biostimulants. Plant and Soil, 2014, 383(1): 3-41.
- [10] 王素英,陶光灿,谢光辉,沈德龙,李俊,路宝庆.我国微生物肥料的应用研究进展[J].中国农业大学学报,2003, 8(1): 14-18.
- [11] 魏赛金.有益微生物在水稻病害防治的研究进展与应用现状[J].生物灾害科学, 2020, 43(1): 1-7.
- [12] 杨盼盼,张海春,刘丽辉,等.高效光合细菌菌剂对土壤微生物的影响[J].生物技术进展, 2015(5): 371-376.
- [13] 缪晶毅,索升州,姚丹,等.微生物肥料研究进展及其在农业生产中的应用[J].安徽农业科学,2019,47(11):13-17.
- [14] 沈仁芳,赵学强.土壤微生物在植物获得养分中的作用[J].生态学报,2015,35(20):6584-6591.
- [15] 孟瑶,徐凤花,孟庆有,等.中国微生物肥料研究及应用进展[J].中国农学通报,2008(06):276-283.
- [16] 韩树鑫,郭欣,徐瑶,等.微生物菌剂对寒地水稻秧苗生长影响的研究 [J].北方水稻, 2021, 51 (02): 34-36.
- [17] 雷生妍,张英,苏贝贝,等.植物根际促生菌(PGPR)对高寒区3种栽培饲草促生效果研究[J/OL].草地学报,1-17[2025-03-22].http://kns.cnki.net/kcms/detail/ 11.3362.S.20250318.1842.016.html.
- [18] 李荣发,刘鹏,董树亭,等.肥料配施枯草芽孢杆菌对夏玉米产量及养分利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2019,25(9):1607-1614.
- [19] 杜冰,杨馥熔,郭浩杰,等.外源钙对谷子农艺性状、品质及籽粒钙含量的影响 [J].干旱地区农业研究, 2024, 42 (06): 285-294.
- [20] 周莉,蔡晗,吕先锋.基施钙肥对小麦茎秆性状及产量的影响 [J].中国农技推广, 2024, 40 (01): 76-82.
- [21] 姜沛琦,柏珺焯,赵维汉,等.钙镁硅肥施用对粳稻天隆优619产量和品质的影响 [J].中国种业, 2024, (01): 108-112+118.