

秸秆菌肥替代化肥对玉米生长及土壤特性的影响

朱利霞¹, 陈居田¹, 陈如冰¹, 徐思薇¹, 李俐俐^{1*}, 刘天学^{2*}

(1. 周口师范学院生命科学与农学学院, 河南 周口 466001; 2. 河南农业大学农学院, 郑州 450002)

摘要:为了明确秸秆菌肥部分替代化肥对玉米生长及土壤特性的影响, 试验采用田间试验设置4个处理: 单施化肥(BF₀)、菌肥替代30%氮肥(BF₃₀)、菌肥替代50%氮肥(BF₅₀)和菌肥替代70%氮肥(BF₇₀), 测定玉米产量和土壤微生物特性。结果表明: 秸秆菌肥显著增加玉米灌浆期株高和穗长, 其中BF₅₀的增加效果最为显著, 增幅分别为27.47%和14.31%。秸秆菌肥显著降低穗位高, 而对茎粗和叶片数无显著影响。秸秆菌肥显著增加收获期玉米产量和产量构成因素, 且BF₅₀对玉米产量的促进作用最显著。另外, 秸秆菌肥显著增加土壤有机碳含量和微生物量碳含量, 除BF₃₀显著降低氨基酸类利用效率外, 秸秆菌肥替代化肥均增加碳源利用效率。说明在玉米生产中可以用秸秆菌肥适当替代化肥, 以利于作物增产和减肥增效。

关键词: 菌肥; 化肥; 土壤微生物; 玉米; 产量

中图分类号: S154.7

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)02-0026-04

Effects of Straw Bacterial Manure Substitution for Chemical Fertilizer on Maize Growth and Soil Characteristics

ZHU Lixia¹, CHEN Jutian¹, CHEN Rubing¹, XU Siwei¹, LI Lili^{1*}, LIU Tianxue^{2*}

(1. College of Life Science and Agronomy, Zhoukou Normal University, Zhoukou 466001; 2. College of Agronomy, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to clarify the effects of partial substitution of straw bacterial manure for chemical fertilizer on maize growth and soil characteristics, a field experiment with four treatments were set up (chemical fertilizer, BF₀; 30% nitrogen fertilizer replacement, BF₃₀; 50% nitrogen fertilizer replacement, BF₅₀; 70% nitrogen fertilizer replacement, BF₇₀) to determine maize yield and soil microbial characteristics. The results showed that straw bacterial manure significantly increased plant height and ear length at grain filling stage, and BF₅₀ was the most significant, with the increase rates of 27.47% and 14.31%, respectively. Straw bacterial manure significantly reduced ear height, but had no significant effect on stem diameter and leaf number. The factors of corn yield and yield were increased significantly by straw bacterial manure, and BF₅₀ promoted corn yield most significantly. In addition, straw bacterial manure significantly increased soil organic carbon content and microbial biomass carbon content. Except for BF₃₀ significantly decreased the utilization efficiency of amino acids, the substitution of straw bacterial manure for chemical fertilizer increased the utilization efficiency of carbon sources. The results indicated that straw bacterial manure could be used to replace chemical fertilizer in maize production, which was beneficial to increase crop yield, reduce weight and increase efficiency

Key words: Bacterial manure; Chemical fertilizer; Soil microorganism; Maize; Yield

玉米是我国重要的粮食作物之一, 长期以来,

玉米生产过度依赖化肥投入, 造成我国大部分耕地肥力下降、土壤酸化, 进而导致玉米产量下降^[1]。此外, 化肥尤其是氮肥的过量投入导致氮素流失造成大气、土壤和水体污染。化肥过度施用严重制约着我国农业的可持续发展, 因此, 探寻合理的施肥措施是农业生产中亟待解决的问题。

以秸秆为载体, 植入木霉菌等微生物制得的秸秆菌肥由于兼具秸秆和化肥的优点, 在提高土

收稿日期: 2019-10-01

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0300704); 河南省高等学校重点科研项目(20B210025)

作者简介: 朱利霞(1990-), 女, 讲师, 博士, 研究方向为土壤肥力调控。

通讯作者: 李俐俐, 女, 博士, 教授, E-mail: 13672165360@163.com
刘天学, 男, 博士, 教授, E-mail: liutianxue@henau.edu.cn

壤肥力、促进养分转化、提高肥料利用率及促进作物生长等方面具有重要的作用^[2]。研究表明,菌肥施用可以显著增加玉米关键生育期的叶面积和株高^[3],株高较对照增加幅度达到6.3%^[4]。在测土配方施肥基础上施用菌肥可以明显增加旱作玉米穗粒数^[5],进而增加玉米的籽粒产量。由于菌肥可以促进作物的生长,作物根系在土壤中伸展使土壤更为疏松,改善土壤的通透性。菌肥不仅可以活化土壤养分,而且可以有效提高土壤有机质含量^[6-7]。Huang等^[8]发现菌肥可以改善土壤的理化性质和土壤微生物的群落组成。木霉菌在土壤中的定殖可以优化土壤微生物的群落结构,提高其群落多样性^[9-10]。然而,前人的研究多集中在蔬菜水果中菌肥的施用效果,关于田间施用菌肥对玉米生长的影响研究较少。

黄淮地区作为我国重要的粮食产区,在国家粮食安全中起着至关重要的作用。目前关于该地区秸秆菌肥部分替代化肥对玉米产量和土壤微生物特性的影响研究尚不多见。因此,本研究针对黄淮地区玉米生产中氮肥施用量偏高的问题,分析秸秆菌肥部分替代氮肥对玉米农艺性状和产量的影响,测定土壤微生物量碳和微生物碳源利用效率,以期为该地区化肥减量和秸秆菌肥的推广应用提供一定的数据支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2019年在河南省浚县钜桥试验基地(41°02'N, 116°41'E)进行,该地区属暖温带半湿润性季风气候,多年平均气温13.7℃,年均降雨量660 mm,多集中在6~8月。耕作制度为冬小麦-夏玉米轮作,土质为潮土。2018年试验开始前0~20 cm土壤有机质15.5 g/kg,全氮1.1 g/kg,碱解氮70.4 mg/kg,速效磷22.8 mg/kg,速效钾含量110.32 mg/kg, pH 7.8。

1.2 供试材料

供试玉米为浚单20,购于浚县黎阳种业有限公司。供试菌肥为课题组自制,以小麦秸秆为载体,添加20%左右的鸡粪和猪粪等畜禽粪便,植入木霉菌制成,每克有效活菌数在0.2亿个左右,有机质30%,N 12%,P₂O₅ 2.3%,K₂O 7.7%。供试化肥分别为尿素(N 46%)、过磷酸钙(P₂O₅ 12%)和硫酸钾(K₂O 51%)。

1.3 试验设计

试验开始前,前茬作物小麦收获后秸秆全部

移除。设置以下4个处理:①BF₀(100%化肥氮);②BF₃₀(30%秸秆菌肥氮+70%化肥氮),菌肥施用量为550 kg/hm²;③BF₅₀(50%秸秆菌肥氮+50%化肥氮),菌肥用量为916 kg/hm²;④BF₇₀(70%秸秆菌肥氮+30%化肥氮),菌肥用量为1 283 kg/hm²。每个处理3次重复,共12个试验小区,每小区56 m²(7 m×8 m),每小区间设置1 m的隔离带,防止串水串肥。各施肥处理分别扣除秸秆菌肥氮、磷、钾含量后用相应的化肥补足。秸秆菌肥和化肥均作为底肥一次性施入土壤耕层,整个玉米生育期内不再追肥。种植密度按照当地种植习惯设定,其他管理措施与当地保持一致。

1.4 样品采集及分析

在玉米灌浆期测定植株的株高、穗长、穗位高、茎粗、叶片数。在玉米成熟期每小区取长势一致的连续30株的果穗,测定地上部分生物量、玉米产量和产量构成因素。在玉米收获后采集0~20 cm土壤样品,采用重铬酸钾外加热法测定土壤有机碳含量,采用氯仿熏蒸-过硫酸钾浸提法测定土壤微生物量碳含量,采用Biolog-Eco微平板法测定微生物碳源利用效率^[11]。

1.5 数据统计与分析

试验数据采用Excel 2010进行处理,采用SPSS 19.0对数据进行统计分析,并采用Duncan法检验不同处理在P=0.05的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 秸秆菌肥部分替代化肥对玉米农艺性状的影响

由表1可知,秸秆菌肥部分替代氮肥对玉米灌浆期农艺性状有明显影响。与BF₀相比,秸秆菌肥均显著增加玉米株高,BF₅₀增加幅度最大,达到27.47%。秸秆菌肥显著增加穗长,BF₅₀增加幅度最大,达到14.31%;BF₃₀和BF₇₀处理穗长无差异。秸秆菌肥对茎粗和叶片数均无显著影响。

2.2 秸秆菌肥部分替代化肥对玉米产量的影响

如表2所示,秸秆菌肥处理对玉米产量、穗粒数、千粒重和地上部生物量具有显著影响。与BF₀相比,BF₃₀、BF₅₀和BF₇₀均显著增加玉米产量,增幅分别为8.12%、23.17%和18.11%。穗粒数在秸秆菌肥施用后也显著增加,且BF₅₀增加作用最为显著,增幅为23.23%。玉米千粒重和地上部生物量呈现出相同的变化趋势:BF₅₀>BF₇₀>BF₃₀>BF₀,且各处理间差异达到显著性水平。

表1 秸秆菌肥对玉米灌浆期农艺性状的影响

处理	株高(cm)	穗位高(cm)	茎粗(cm)	穗长(cm)	叶片数(片)
BF ₀	302.51d	135.07a	3.10a	22.02c	14a
BF ₃₀	310.82c	132.22b	3.15a	23.15b	14a
BF ₅₀	329.25a	130.18b	3.21a	25.17a	14a
BF ₇₀	318.37b	131.35b	3.18a	24.33b	14a

注: 同列不同小写字母表示不同处理间达到显著性差异 ($P < 0.05$), 相同字母表示差异不显著 ($P > 0.05$), 下同

表2 秸秆菌肥对玉米产量及地上部生物量的影响

处理	产量 (t/hm ²)	穗粒数	千粒重 (g)	地上部生物量 (t/hm ²)
BF ₀	7.51d	452d	251.38d	14.82d
BF ₃₀	8.12c	503c	292.15c	16.26c
BF ₅₀	9.25a	557a	340.32a	20.59a
BF ₇₀	8.87b	532b	328.18b	18.12b

2.3 秸秆菌肥部分替代化肥对土壤有机碳和微生物量碳的影响

秸秆菌肥显著增加土壤有机碳含量和微生物量碳含量(图1)。随秸秆菌肥替代量的增加, 土壤有机碳含量逐渐增加。与BF₀相比, BF₃₀、BF₅₀和BF₇₀土壤有机碳增幅分别为12.01%、43.22%和69.27% ($P < 0.05$)。土壤微生物量碳随秸秆菌肥替代量的增加先增加后减少。与BF₀相比, BF₃₀、BF₅₀和BF₇₀碳分别显著增加7.06%、48.65%和18.99%。

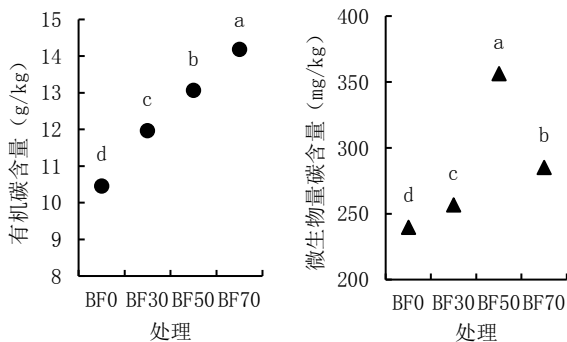


图1 玉米收获期土壤有机碳与微生物量碳含量

2.4 秸秆菌肥部分替代化肥对土壤微生物碳源利用的影响

96孔Biolog Eco微平板包含3个重复, 每个重复具有31种碳源和1个空白对照。碳源可以分为碳水化合物、氨基酸、羧酸、聚合物、酚类和胺类六大类。由图2可知, 秸秆菌肥施用均基本增加六大类碳源的利用效率, 其中以BF₅₀对六大类碳源的增加最为明显。碳水化合物、氨基酸类、羧酸类、聚合物、胺类和酚类的碳源利用效率分别为3.86~10.09、2.19~5.40、2.66~4.40、0.70~

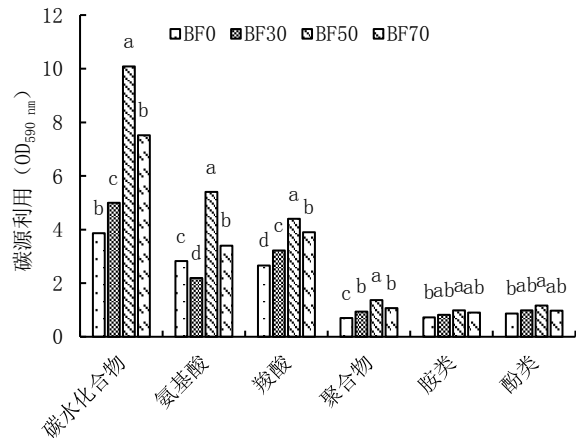


图2 玉米收获期土壤微生物碳源利用

1.37、0.72~0.99和0.87~1.17。与BF₀相比, BF₃₀、BF₅₀和BF₇₀均显著增加碳水化合物的利用效率, 增幅分别为29.43%、161.55%和94.96%。与BF₀相比, BF₃₀、BF₅₀和BF₇₀羧酸类利用效率分别增加21.34%、65.59%和46.77% ($P < 0.05$)。不同处理间聚合物、胺类和酚类利用效率的变化表现出与碳水化合物和羧酸类相似的变化趋势, 其中BF₅₀显著增加聚合物利用效率, 增幅为94.73%。氨基酸类利用效率表现出与其他碳源不同的变化趋势, BF₃₀显著降低氨基酸类利用效率, 降幅为22.31%, 而BF₅₀和BF₇₀显著增加氨基酸类利用效率, 其增幅分别为91.49%和20.58%。

3 讨论

3.1 秸秆菌肥对玉米生长及产量的影响

秸秆菌肥的施用显著降低穗位高且有增加茎粗的趋势, 这表明秸秆菌肥的施用可在一定程度上增加玉米的抗倒伏能力。玉米产量的提高是通过优化各主要性状来实现的。菌肥的施用可以改善玉米植株及其穗部的性状, 增加玉米茎粗、提高千粒重和穗粒数^[3]。本研究表明, 秸秆菌肥部分替代化肥可以显著提高玉米灌浆期株高和穗长, 增加地上部生物量, 且可显著提高玉米产量构成因素使其在较高水平达到协调, 进而提高玉米产量。氮肥减量30%时, 配施秸秆菌肥对玉米

产量已有明显的增加作用,当氮肥减量50%时玉米产量增加最为显著。已有研究表明施用菌肥可以显著提高玉米植株地上部分的生物量,提高玉米株高,增加玉米籽粒产量^[12]。本研究中,当氮肥减量70%并用秸秆菌肥替代时,玉米株高、产量及产量构成因素均较减量50%显著下降。陈龙^[13]在西北半干旱地区的研究发现菌肥替代15%的化肥相对于全量化肥处理玉米产量增加1.5%,而全量菌肥显著降低玉米产量,这与本研究结果一致。这表明秸秆菌肥对作物产量的提高有一个量的阈值,秸秆菌肥只能部分替代化肥,而不能完全替代化肥。

3.2 秸秆菌肥对土壤微生物特性的影响

本研究中秸秆菌肥施用可显著提高土壤有机碳含量,有机碳含量随秸秆菌肥施用量的增加而增加。随秸秆菌肥施用量的增加,有机碳含量从10.30 g/kg提高到17.43 g/kg。秸秆菌肥中含有的大量有机碳源施入土壤后增加了土壤有机物的外源输入,使土壤有机碳含量显著增加。秸秆菌肥施用后可以提高土壤微生物的活性,促使微生物繁殖,利于有机质在土壤中积累,这也是土壤有机碳含量提高的一个原因。本研究中秸秆菌肥明显增加了土壤微生物量碳和微生物碳源利用效率,印证了秸秆菌肥可以提高土壤微生物活性,进而增加土壤有机碳含量。施用秸秆菌肥后促进了作物生长,其根系分泌物也增加,加快了土壤微生物生长,从而提高土壤微生物量碳^[14]。

土壤微生物群落代谢特征可以很好地反映土壤微生物对碳源利用的能力^[11]。本研究中秸秆菌肥基本增加微生物对六大类碳源的利用效率,这可能是秸秆菌肥中大量活的微生物和活性有机碳源,施入土壤后可以在一定程度上提高微生物对碳源的利用能力^[15]。土壤微生物对碳水化合物的平均利用率最高,对胺类、聚合物和酚类的利用率较低。秸秆菌肥对不同碳源利用效率提高程度的不同,说明菌肥的施用有可能改变土壤微环境,进而改变土壤微生物对碳源的利用效率。

4 结 论

与单施化肥相比,秸秆菌肥部分替代化肥可以显著增加玉米产量和产量构成因素及地上部生物量,对灌浆期株高有明显的促进作用,其中减量50%化肥氮配施秸秆菌肥对玉米的增产作用最为明显。同时,秸秆菌肥显著降低穗位高且有增加茎粗的趋势,这在一定程度上增加玉米的抗倒

伏能力。秸秆菌肥显著增加土壤有机碳含量,且有机碳含量随秸秆菌肥替代量的增加而显著增加。菌肥施用明显增加土壤微生物量碳和碳源利用效率(除BF₃₀显著降低氨基酸类利用率),其中以秸秆菌肥替代50%的氮肥对土壤微生物量碳和碳源利用效率的影响最为显著。

参考文献:

- [1] 任 军,边秀芝,郭金瑞,等.我国农业面源污染的现状与对策I.农业面源污染的现状与成因[J].吉林农业科学,2010,35(2):48-52.
- [2] 李 乐,孙 海,刘政波,等.微生物肥料的作用、机理及发展方向[J].东北农业科学,2016,41(4):63-69.
- [3] 杨 德.生物菌肥对玉米农艺性状及生理指标的影响[D].哈尔滨:黑龙江大学,2018.
- [4] 段淇斌,赵冬青,姚 拓,等.施用生物菌肥对饲用玉米生长和土壤微生物数量的影响[J].草原与草坪,2015(2):54-58.
- [5] 李 强,师仰新,常艳丽,等.旱作玉米增施微生物菌肥效果初探[J].陕西农业科学,2016,62(2):45-46,49.
- [6] Li R, Tao R, Ling N, et al. Chemical, organic and bio-fertilizer management practices effect on soil physicochemical property and antagonistic bacteria abundance of a cotton field: Implications for soil biological quality[J]. Soil & Tillage Research, 2017, 167: 30-38.
- [7] Xu S, Zhou S, Ma S, et al. Manipulation of nitrogen leaching from tea field soil using a *Trichoderma viride* biofertilizer[J]. Environmental Science & Pollution Research, 2017, 24(5): 1-10.
- [8] Huang N, Wang W W, Yao Y L, et al. The influence of different concentrations of bio-organic fertilizer on cucumber Fusarium wilt and soil microflora alterations[J]. PLoS One, 2017, 12(2): e0171490.
- [9] Pang G, Cai F, Li R X, et al. Trichoderma-enriched organic fertilizer can mitigate microbiome degeneration of monocropped soil to maintain better plant growth[J]. Plant & Soil, 2017, 416(1-2): 181-192.
- [10] 徐少卓,王晓芳,陈学森,等.高锰酸钾消毒后增施木霉菌肥对连作土壤微生物环境及再植平邑甜茶幼苗生长的影响[J].植物营养与肥料学报,2018,24(5):1285-1293.
- [11] 田雅楠,王红旗. Biolog法在环境微生物功能多样性研究中的应用[J].环境科学与技术,2011,34(3):50-57.
- [12] 许 丽,孙 青,宗 睿,等.生物菌肥等量替代氮磷钾复合肥对冬小麦和夏玉米产量及土壤肥力的影响[J].山东农业科学,2019,51(4):85-88.
- [13] 陈 龙.菌肥对粮饲兼用型玉米生长和品质及土壤特性影响研究[D].兰州:甘肃农业大学,2016.
- [14] 孙运杰,马海林,刘方春,等.生物肥对蓝莓根际土壤微生物学特性及土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2015,29(3):167-171,177.
- [15] 李晓龙.生物有机肥与化肥配施对复垦土壤肥力及饲草玉米产量和品质的影响[D].太原:山西农业大学,2016.

(责任编辑:刘洪霞)