

微生物肥对谷田土壤环境及产量的影响

王丽霞, 郭二虎, 张艾英, 范惠萍, 李瑜辉, 程丽萍 (山西省农业科学院谷子研究所, 山西长治 046011)

摘要 [目的]探讨微生物肥料对谷田土壤环境及谷子产量的影响。[方法]设6个处理,分别为CF(N 187.5 kg/hm²、P₂O₅ 105 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²);CY(常规有机肥 2 250 kg/hm²);CK(不施肥);WF(N 187.5 kg/hm²、P₂O₅ 105 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²+微生物肥 75 kg/hm²);WY(有机肥 2 250 kg/hm²+微生物肥 75 kg/hm²);WB(不施肥+微生物肥 75 kg/hm²)。通过研究土壤温度、近地层 CO₂ 浓度、土壤紧实度、谷子农艺性状等,探讨微生物肥料的施用效果。[结果]添加微生物菌肥后的 WY、WF、WB 3 个处理较未添加的处理,0~20 cm 土层平均地温增加了 0.10~0.23 °C,0~10 cm 土层平均地温增加了 0.14~0.27 °C;近地层 CO₂ 浓度增加了 10~22 mg/L,增幅 3.8%~7.6%;0~6 cm 土层土壤紧实度降低了 2.6%~7.9%,6~12 cm 土层降低了 2.0%~5.8%;产量增加了 125~600 kg/hm²,增幅 3.1%~14.4%。[结论]该研究为谷子合理施肥、提高肥料利用效率提供科学依据。

关键词 微生物肥;温度;紧实度;产量

中图分类号 S 144 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2018)24-0097-03

Effects of Microbial Fertilizer on Soil Environment and Yield in Millet Field

WANG Li-xia, GUO Er-hu, ZHANG Ai-ying et al (Institute of Millet, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Changzhi, Shanxi 046011)

Abstract [Objective] To study the effect of microbial fertilizer on soil environment and grain yield in millet field. [Method] Six treatments were set up in this study, namely CF (N 187.5 kg/hm², P₂O₅ 105 kg/hm², K₂O 45 kg/hm²), CY (2 250 kg/hm²), CK (no fertilization), WF (N 187.5 kg/hm², P₂O₅ 105 kg/hm², K₂O 45 kg/hm² plus 75 kg/hm² microbial fertilizer), WY (organic fertilizer 2 250 kg/hm² plus microbial fertilizer 75 kg/hm²), WB (no fertilization plus microbial fertilizer 75 kg/hm²). The effects of microbial fertilizer were investigated by studying the soil temperature, the concentration of CO₂ near the formation, the compactness of soil and the agronomic characters of grains. [Result] After adding inorganic fertilizer, three processing including WY, WF, WB, the following indicators have changed significantly than no added processing. 0 to 20 cm mean ground temperature increased by 0.10 °C to 0.23 °C, 0 to 10 cm mean ground temperature increased by 0.14 °C to 0.27 °C, the concentration of CO₂ in the near strata increased by 10 mg/L to 22 mg/L, increasing by 3.8% to 7.6%. The compactness of 0-6 cm soil decreased by 2.6% to 7.9%, and that of 6 to 12 cm decreased by 2.0% to 5.8%. The output increased by 125 kg/hm² to 600 kg/hm², increasing by 3.1% to 14.4%. [Conclusion] This study provides a scientific basis for the reasonable fertilization of millet and the improvement of fertilizer utilization efficiency.

Key words Microbial fertilizer; Temperature; Compactness; Yield

谷子 [*Setaria italica* (L.) Beau] 又称粟, 属禾本科狗尾草属, 是我国重要的杂粮作物之一。近年来山西省年种植面积基本稳定在 20 万 hm², 总播种面积居全国第 2 位, 同时也是我国春播谷子种植面积最大的省份, 谷子在山西农业生产中占有重要地位, 也是山西省农业种植结构调整首要考虑的作物^[1-3]。微生物肥料也称微生物菌肥、生物肥料, 是近年来新兴的一种无公害新型肥料, 其具有改良土壤、增强土壤肥力、降低土壤农药残留、增加植物对养分吸收等效果, 已在诸多作物上应用, 取得了诸多成果^[4-8], 但在谷子上的研究较少。谷子虽然具有耐贫瘠的特点, 但肥料在谷子生产中仍发挥重要作用。由于化肥的过度施用及不合理施肥, 导致土壤板结、肥料利用率低、谷子品质下降; 有机肥的施用可以改善土壤结构, 提高谷子品质, 但存在肥效慢、养分含量低, 且在生产实际中农民多施用未腐熟的有机肥等缺点^[9-12]。针对以上问题, 笔者通过田间试验, 探讨有机肥、化肥添加微生物肥对谷子生长发育、土壤温度、近地面层的微环境及谷子产量的影响, 以期期为谷子合理施肥、提高肥料利用效率提供科学依据。

基金项目 国家现代农业产业技术体系建设专项 (CARS-06-13-5-A21); 山西省农业科学院农业科技创新研究课题 (YYYS1703); 山西省农业科学院生物育种工程项目 (17YZGC024)。

作者简介 王丽霞 (1983—), 女, 山西高平人, 助理研究员, 从事谷子育种及栽培植保等研究。

收稿日期 2018-06-20; **修回日期** 2018-07-12

1 材料与方法

1.1 试验地概况 试验于 2016 年 5 月下旬至 10 月上旬在山西省农业科学院谷子研究所进行。试验地为砂壤土, 肥力中上等, 0~40 cm 土层内有机质含量为 33.51 g/kg, 全氮 1.2 g/kg, 碱解氮 48.47 mg/kg, 速效磷 20.14 mg/kg, 速效钾 168.76 mg/kg。生育期降雨量 489 mm。

1.2 试验设计 试验设 6 个处理, 分别为 CF (常规施化肥 N 187.5 kg/hm²、P₂O₅ 105 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²); CY (常规施有机肥 2 250 kg/hm²); CK (不施肥); WF (施化肥 N 187.5 kg/hm²、P₂O₅ 105 kg/hm²、K₂O 45 kg/hm²+微生物肥 75 kg/hm²); WY (常规施有机肥 2 250 kg/hm²+微生物肥 75 kg/hm²); WB (不施肥+微生物肥 75 kg/hm²)。随机区组排列, 3 次重复, 小区面积 20 m² (5 m×4 m)。前茬为玉米, 试验用谷子品种长农 35 号, 留苗 30 万株/hm²。所有处理肥料均作为底肥播前一次性施入。微生物菌肥由黑龙江农垦科学院提供, 主要成分为巨大芽孢杆菌、胶冻样芽孢杆菌等。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 近地层 CO₂ 及土壤温度。应用托普云农环境监测系统, 于灌浆期测定近地面 20 cm 高根际 CO₂ 浓度, 并测定各处理土壤 5、10、15、20 cm 深温度, 取 24 h 平均值。

1.3.2 土壤紧实度。灌浆期, 应用托普土壤紧实度仪测量行间、株间处的土壤紧实度, 每个处理测量 4 次, 取平均值。测量深度为 6、12、18、24、30 cm。

1.3.3 农艺性状及产量。于谷子成熟期,在每小区中间行内选取约 1.0 m 作为取样单元,取 10 株,对穗重、穗粒重和千粒重等农艺性状进行调查。去掉小区边行,收获面积 4.0 m² 谷穗计产。

1.4 数据处理 化肥农学效率(kg/kg)=(施肥区谷子产量-不施肥区谷子产量)/施肥量。试验数据应用 DPS 7.5 软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对土壤温度的影响 由图 1 可知,所有处理的地温随着土层深度的增加呈逐渐降低的趋势,有机肥处理的地温较化肥处理的温度高,添加微生物肥料的处理温度较未添加的处理高,5、10 cm 深的地温变化较大。WY 处理 0~20 cm 平均地温 22.7 °C,较 CY 处理增加 0.16 °C,0~10 cm 平均地温 23.24 °C,较 CY 处理增加 0.27 °C;WF 处理 0~20 cm 平均地温 22.32 °C,较 CF 处理增加 0.23 °C,0~10 cm 平均地温 22.65 °C,较 CF 处理增加 0.14 °C;WB 处理 0~20 cm 平均地温 22.17 °C,较 CY 处理增加 0.1 °C,0~10 cm 平均地温 22.42 °C,较 CY 处理增加 0.14 °C。

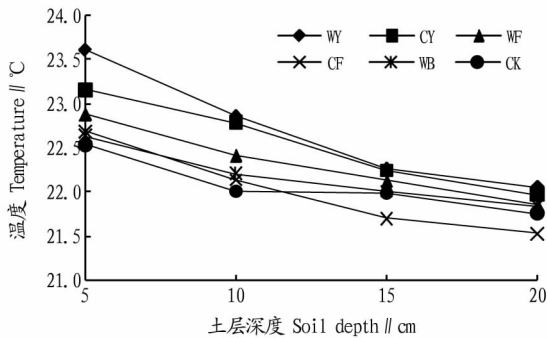


图 1 不同处理对不同土壤深度温度的影响

Fig.1 Effects of different treatments on the temperature of different soil depth

2.2 不同处理对近地面层 CO₂ 浓度的影响 微生物肥料通

过增加土壤中微生物活菌的数量,增加了土壤的呼吸强度,进而加大了二氧化碳的排放,是作物光合作用碳的重要来源之一。由图 2 可知,在谷子灌浆期近地面层 24 h 的 CO₂ 浓度变化呈倒“V”字型,12:00—16:00 浓度最低,添加微生物肥料的各处理 CO₂ 浓度均高于未添加的处理。WY 处理 24 h 平均 CO₂ 浓度 312 mg/L,较 CY 处理增加 22 mg/L,增幅 7.6%;WF 处理 24 h 平均 CO₂ 浓度 299 mg/L,较 CY 处理增加 18 mg/L,增幅 6.4%;WB 处理 24 h 平均 CO₂ 浓度 273 mg/L,较 CY 处理增加 10 mg/L,增幅 3.8%。

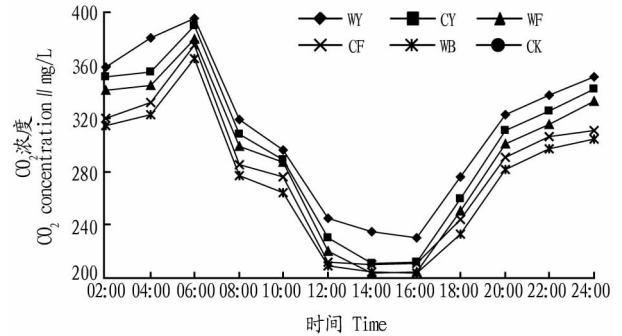


图 2 不同处理对近地面层 CO₂ 浓度的影响

Fig.2 Effects of different treatments on CO₂ concentration in near-surface layer

2.3 不同处理对土壤紧实度的影响 由表 1 可知,施用微生物肥处理 6 和 12 cm 深的土壤紧实度均较未施用的处理降低,WY 处理 0~6 cm 土壤紧实度较 CY 处理降低了 2.6%,6~12 cm 土壤紧实度较 CY 降低了 2.0%;WF 处理 0~6 cm 土壤紧实度较 CF 处理降低了 7.9%,6~12 cm 土壤紧实度较 CF 降低了 5.8%;WB 处理 0~6 cm 土壤紧实度较 CK 处理降低了 3.5%,6~12 cm 土壤紧实度较 CK 降低了 4.0%;其中,WY、CY、WB、WF 4 个处理较 CF 处理的土壤紧实度显著降低,可见施用微生物肥和有机肥的处理,土壤疏松度显著优于仅施用化肥的处理。

表 1 不同处理对不同深度土壤紧实度的影响

Table1 Soil compactness values at different depths under different treatments

kPa

处理 Treatment	土层深度 Soil depth//cm				
	0~6	6~12	12~18	18~24	24~30
WY	599.3 aA	886.3 aA	1 541.1 aA	2 351.7 aA	3 896.9 aA
CY	615.4 aA	904.4 aA	1 513.8 aA	2 390.5 aA	3 879.0 aA
WB	649.3 aA	933.3 aA	1 583.0 aA	2 470.0 aA	3 798.0 aA
WF	655.2 aA	945.2 aA	1 567.5 aA	2 392.0 aA	3 872.3 aA
CK	672.5 aAb	972.5 bA	1 557.2 aA	2 336.5 aA	3 849.2 aA
CF	711.5 bAB	1 003.5 bA	1 572.4 aA	2 367.6 aA	3 912.7 aA

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$)

Note:Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level;different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

2.4 不同处理对谷子产量及产量构成因子的影响 由表 2 可知,所有添加微生物肥的处理产量均高于未添加的处理,其中 WY 处理产量最高达 4 775 kg/hm²,较 CY 处理产量增加 14.4%,两者之间差异显著;WF 处理产量达 4 675 kg/hm²,较 CF 处理产量增加 10%,两者之间无显著差异;WB 处理产

量达 4 125 kg/hm²,较 CK 处理产量增加 3.1%,两者之间无显著差异;其中施用复合肥的 2 个处理中,WF 处理的化肥农学效率为 2.00 kg/kg,较 CF 处理提高 170%,可见添加微生物肥能有效提高化肥农学效率。

表 2 不同处理对谷子产量及产量构成因子的影响

Table 2 Effects of different treatments on grain yield and yield constituent factors

处理 Treatment	穗数 Ear number 穗/hm ²	穗粒重 Ear grain weight//g	千粒重 1 000-grain weight//g	产量 Yield kg/hm ²	农学效率 Agronomic efficiency kg/kg
WY	210 844 aA	24.21 aA	3.50 aA	4 775 aA	—
WF	199 177 aA	23.43 abA	3.41 aA	4 675 abA	2.00
CF	200 843 aA	22.16 bA	3.37 aA	4 250 bAB	0.74
CY	172 509 bB	24.15 aA	3.47 aA	4 175 bcAB	—
WB	175 009 bB	23.57 baA	3.40 aA	4 125 cdB	—
CK	179 176 bB	22.33 abA	3.38 aA	4 000 dB	—

注: 同列不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$)

Note: Different lowercases in the same column stand for significant differences between different treatments at 0.05 level; different capital letters stand for significant differences at 0.01 level

3 结论与讨论

该研究结果表明, 添加微生物菌肥后的 WY、WF、WB 3 个处理较未添加的处理, 0~20 cm 平均地温增加了 0.10~0.23 °C, 0~10 cm 平均地温增加了 0.14~0.27 °C; 近地层 CO₂ 浓度增加 10~22 mg/L, 增幅 3.8%~7.6%; 0~6 cm 土壤紧实度降低了 2.6%~7.9%, 6~12 cm 降低了 2.0%~5.8%; 产量增加了 125~600 kg/hm², 增幅 3.1%~14.4%。

土壤温度与微生物之间密切相关。该试验研究了灌浆期晴天 0~20 cm 土壤耕层不同深度的日平均温度, 结果显示, 微生物肥料对土壤温度的影响主要集中在 0~10 cm, 10~20 cm 不同处理间的地温无明显规律。微生物肥料通过增加土壤微生物活菌的数量, 增加了土壤呼吸强度^[13], 进而加大了二氧化碳的排放, 是作物光合作用碳的重要来源之一。该试验中, 近地面层添加各微生物肥料处理的 CO₂ 浓度均有不同程度的提高, 但在倒二叶和倒三叶高度测定的 CO₂ 浓度无规律可循, 考虑是大气层空气流动影响了测量的准确度, 将来有必要在封闭条件下进一步探讨。微生物肥料中有益微生物能产生糖类物质, 与植物黏液、有机胶体等螯合在一起, 可以改善土壤团粒结构, 具有改善土壤物理性状的作用^[14]。该试验研究了 0~30 cm 土层的紧实度, 结果表明, 微生物肥料对土壤紧实度的影响主要集中在 0~12 cm 土层, 12~30 cm 土层各处理之间无规律可循, 且试验田由于常年施用化肥及人工踩踏等原因, 紧实度较常规农田普遍增大。微生物肥料在各种作物上均有报道, 其中起增产作用的占绝大多数^[15], 试验中各添加微生物肥料处理的产量均高于未添加的处理,

穗数、穗粒重和千粒重的增加, 是产量提高的主要原因, 这也与前人的研究结果一致^[16]。

参考文献

- [1] 郝晓芬, 王节之, 王根全, 等. 谷子轻简化栽培技术简介[J]. 中国种业, 2014(2): 71-72.
- [2] 任君, 阎小涛, 秦秀珍. 山西省谷子产业发展现状及前景展望[J]. 现代农业科技, 2017(20): 267-268.
- [3] 穆婷婷, 张福耀, 冯美臣, 等. 山西省谷子生产可持续发展及产业链的构建[J]. 中国种业, 2012(6): 13-15.
- [4] 吕爱英, 王永歧, 沈阿林, 等. 6 种微生物肥料在不同作物上的应用效果[J]. 河南农业科学, 2004, 33(4): 49-51.
- [5] 吴淑平, 吕立哲, 蒋双丰, 等. 微生物肥在茶树上的应用效果研究[J]. 河南农业科学, 2011, 40(10): 56-58.
- [6] 丛山, 孙瑶, 王志典. 微生物菌肥对设施番茄生长特性及酸化土壤化学性质的影响[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(10): 120-122.
- [7] 褚长彬, 吴淑杭, 张学英, 等. 有机肥与微生物肥配施对柑橘土壤肥力及叶片养分的影响[J]. 中国农学通报, 2012, 28(22): 201-205.
- [8] 耿士均, 王波, 刘刊, 等. 专用微生物肥对不同连作障碍强度土壤上辣椒生长发育的影响[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8): 134-137.
- [9] 闫湘, 金继运, 梁鸣早. 我国主要粮食作物化肥增产效应与肥料利用效率[J]. 土壤, 2017, 49(6): 1067-1077.
- [10] 李中青, 张艾英, 李齐霞, 等. 山西省长治地区谷子产量和品质的差异性分析[J]. 河北农业科学, 2017, 21(6): 1-4.
- [11] 卫竹平. 我国有机肥的现状与发展前景[J]. 农业与技术, 2017, 37(14): 5.
- [12] 牛新胜, 巨晓棠. 我国有机肥料资源及利用[J]. 植物营养与肥料学报, 2017, 23(6): 1462-1479.
- [13] 刘鹏, 刘训理. 中国微生物肥料的研究现状及前景展望[J]. 农学报, 2013, 3(3): 26-31.
- [14] 赵栋, 王有科, 李杰, 等. 4 种微生物肥对枸杞生长及抗病性的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(6): 87-92.
- [15] 王素英, 陶光灿, 谢光辉, 等. 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.
- [16] 王高鸿, 杜艳伟, 李颜芳, 等. 微生物肥料在谷子栽培上的应用分析[J]. 北方农业学报, 2017, 45(6): 53-56.

名词解释

平均引文数: 指来源期刊每一篇论文平均引用的参考文献数。

平均作者数: 指来源期刊每一篇论文平均拥有的作者数, 是衡量该期刊科学生产能力的一个指标。

地区分布数: 指来源期刊登载论文所涉及的地区数, 按全国 31 个省市计 (不包括港澳台)。这是衡量期刊论文覆盖面和全国影响力大小的一个指标。

机构分布数: 指来源期刊论文的作者所涉及的机构数。这是衡量期刊科学生产能力的另一个指标。

海外论文比: 指来源期刊中, 海外作者发表论文占全部论文的比例。这是衡量期刊国际交流程度的一个指标。

基金论文比: 指来源期刊中, 各类基金资助的论文占全部论文的比例。这是衡量期刊论文学术质量的重要指标。

引用半衰期: 指该期刊引用的全部参考文献中, 较新一半是在多长一段时间内发表的。通过这个指标可以反映出作者利用文献的新颖度。