

生物有机肥对连作马铃薯及土壤生化性状的影响^①

柳玲玲^{1,2,3}, 苟久兰^{1,2,3}, 何佳芳^{1,2,3}, 范成五^{1,2,3}, 秦松^{1,2,3*}

(1 贵州省农业科学院土壤肥料研究所, 贵阳 550006; 2 贵州省农业资源与环境工程技术研究中心, 贵阳 550006;

3 农业部贵州耕地保育与农业环境科学观测实验站, 贵阳 550006)

摘要: 生物有机肥是一种集有益微生物和有机肥优点为一体的新型肥料, 能更好地让有益微生物在土壤中定植和生长。本研究针对马铃薯连作障碍问题, 探索几种生物有机肥对马铃薯连作土壤生物性状、产量及品质的影响。试验以威芋 5 号原种为材料, 在同等化肥用量的基础上, 增施等量不同品种的生物有机肥, 测定其出苗率、农艺性状、产量及品质、土壤生物性状等。结果表明: 施用生物有机肥对马铃薯的农艺性状、出苗率、土壤养分及微生物群落结构、产量以及薯块品质均有改善作用。其中 GZ-I 处理增产效果最明显, 增产率为 52.26%, 并且 GZ-I 处理可以明显地提高细菌与真菌的比值(B/F), 其 B/F 较对照提高 5.67 倍。GZ-III 处理提质效果最明显, 马铃薯薯块中淀粉、还原性糖以及 Vc 含量最高, 分别较对照提高 0.68 倍、1.64 倍、0.41 倍。施用不同生物有机肥均可提高马铃薯土壤的养分含量, 改善土壤肥力水平, 其中 GZ-III 处理的改土效果最明显, 可以明显增加土壤中的有效养分含量。因此, 生物有机肥可以提高连作区马铃薯的产量和品质, 并对土壤有明显的改良作用, 其中 GZ-I 处理的增产效果最好, GZ-III 处理的提质和改土效果最好。

关键词: 马铃薯; 生物有机肥; 连作; 土壤微生物群落

中图分类号: S152.4; S532 **文献标识码:** A

马铃薯是全球重要的粮、菜、饲兼用植物, 营养全面, 适应性广, 也是贵州极具发展潜力的粮食作物。然而, 由于种植条件的限制, 马铃薯连作现象十分普遍, 连作区作物根际土壤微生物环境恶化, 镰刀菌等病原真菌富集, 土传病害严重, 马铃薯减产。连作 3 年以上的土壤会显著降低根系的吸收能力和范围, 从而导致根系生理功能失调^[1], 加之目前在马铃薯的施肥方面比较粗放, 化肥施用单一或是施用习惯差造成土壤环境恶化, 营养失衡, 马铃薯产业面临严重的减产降质的困境^[2-3]。生物有机肥作为营养丰富, 富含有益微生物的新型肥料, 不仅能够提供养分, 而且对于土壤理化性状和土壤结构都能起到有益影响。国内学者对相关研究均有报道。有结果表明, 通过施用生物有机肥可显著促进甘蔗生长和糖分积累、对土壤理化性状有显著的促进作用^[4], 且对西瓜、小麦、豆角、玉米等作物均能起到提质增产的作用^[5-8]。也有报道表明, 生物有机肥对土壤重金属含量的降低也有作

用, 从而减少对作物的危害, 对维持土壤中有益微生物菌群起到重要作用^[9], 具有环境友好的特性。基于此, 本研究对连作现象十分严重的贵州威宁马铃薯主产区开展了生物有机肥改良土壤的效果试验, 研究马铃薯连作下不同生物有机肥对马铃薯的促生作用以及对土壤微生物种群结构的影响, 为马铃薯连作障碍的综合防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验地概况 试验于 2015 年 3 月至 10 月在贵州省威宁县卯关村进行, 地理位置 26°52′19.7″N, 104°10′27.3″E, 海拔 2 247 m。该区土壤类型为黄泥土, 连作 2 年马铃薯, 土壤基本性状: 有机质 56.84 g/kg、全氮 1.54g/kg、碱解氮 98.43 mg/kg、全磷 0.815 g/kg、有效磷 18.75 mg/kg、全钾 10.86 g/kg、速效钾 95.52 mg/kg、pH 5.58。

基金项目: 贵州省农科院院专项(黔农科院院专项[2013]010 号)、农业部公益性行业专项(201503127)、院地合作项目(院地农科合字[2015]10 号)和剑河县中药材产业科技合作计划项目(剑中药科合专项[2013]4 号)资助。

* 通讯作者(qs3761735@163.com)

作者简介: 柳玲玲(1984—), 女, 山东东阿人, 博士研究生, 副研究员, 主要从事微生物肥料研究。E-mail: yangliu8284@163.com

1.1.2 供试品种 威芋 5 号原种,由贵州省生物技术(马铃薯)研究所提供。

1.1.3 供试肥料 尿素(N 含量 460 g/kg)、过磷酸钙(P_2O_5 含量 120 g/kg)、硫酸钾(K_2O 含量 500 g/kg),均为市售;生物有机肥:GZ-I、GZ-II、GZ-III、GZ-IV,分别来源于湖南泰谷生物科技有限责任公司、北京世纪阿姆斯生物技术股份有限公司和广东省佛山金葵子科技有限公司,总养分含量分别为 97.1、61.9、91.4、180.7 g/kg,有机质含量分别为 588、526、222、434 g/kg,主要功能菌群均为芽孢杆菌,含量 0.2 亿/g。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验设 5 个处理,3 次重复,每个处理小区面积 $3.3\text{ m} \times 8\text{ m}$,采用单垄双沟种植,1 m 起垄,每垄种植 2 沟,每个小区种植 192 株。对照(CK)为当地种植户常规施肥量,其余处理在常规施肥量基础上,增施等量不同品种的生物有机肥,各处理肥料投入见表 1。化肥中的 1/2 的尿素,全部的过磷酸钙、硫酸钾以及生物有机肥作为基肥,播种前穴施;剩余 1/2 的尿素块茎膨大期追施。

表 1 各处理肥料投入表(kg/hm^2)
Table 1 Fertilizer inputs of different treatments

处理	生物有机肥				N	P	K
	1	2	3	4			
CK	-	-	-	-	240	135	270
GZ-I	1 800	-	-	-	240	135	270
GZ-II	-	1 800	-	-	240	135	270
GZ-III	-	-	1 800	-	240	135	270
GZ-IV	-	-	-	1 800	240	135	270

1.2.2 样品采集与处理 试验于 2015 年 9 月上旬取样,每个处理按五点法取 0 ~ 20 cm 土层土样进行混合,将采集的混合土壤样品在自然条件下风干,研磨过 0.25 mm 尼龙筛备用,测定土壤基本理化性质。每个采样点随机采 5 株长势均匀植株样品,洗净表面泥土,用去离子水冲洗,放入 105 °C 鼓风干燥箱中杀青

15 min,60 °C 下烘干,粉碎过 0.25 mm 尼龙筛备用。

1.2.3 测定项目与方法 采用常规方法测定土壤 pH、有机质、全氮、全磷、全钾、碱解氮、有效磷、速效钾;土壤微生物计数采用平板梯度稀释培养法,细菌培养采用牛肉膏蛋白胨琼脂培养基,放线菌培养采用高氏 I 号培养基,真菌培养采用马丁孟加拉红培养基。用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消化马铃薯干样,常规方法测定全氮、全磷和全钾^[10]。马铃薯经济性状调查按农业试验标准设置调查样段,实取样段内马铃薯进行考查、记载,产量按小区实收计算。

1.2.4 统计分析 采用 Excel、DPS 和 SPSS19.0 进行数据处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 生物有机肥对连作马铃薯出苗率及农艺性状的影响

从表 2 可知,GZ-I 处理与 GZ-III 处理的株高较 CK 提高 6% ~ 17.6%,尤以 GZ-III 处理效果最好,增量在 17.6%,与其他处理差异显著($P < 0.05$),其他各处理间无显著性差异($P > 0.05$)。与株高相同,各生物有机肥处理的茎粗与分枝数较 CK 均有增加,增幅分别为 9.4% ~ 25.7%和 23.0% ~ 41.2%,其中,GZ-III 处理与 GZ-IV 处理茎粗无显著性差异($P > 0.05$),但与其他各处理差异显著($P < 0.05$);在分枝数上,各处理间无显著性差异($P < 0.05$)。

出苗率可以反映不同生物有机肥对作物的促生作用,与 CK 相比,GZ-III 处理出苗率最高,较 CK 提高 5.35%,除了 CK 和 GZ-II 处理外,其余各处理组出苗率均达到 95% 以上,说明施用生物有机肥对马铃薯的促生发芽有良好的作用。GZ-II 处理出苗率最低,根据苗期的调查看,该处理中未出苗的种薯并没有腐烂,而是形成了“萌生薯”,从而影响了出苗,考虑是该生物有机肥中某些组分造成的,需要进一步试验验证。

表 2 不同生物有机肥对连作马铃薯出苗率及农艺性状的影响

Table 2 Effects of different bio-fertilizers on emergence rates and agronomic traits of potato under continuous cropping

处理	株高(cm)	茎粗(mm)	分枝数	出苗率(%)
CK	76.2 ± 5.1 b	10.4 ± 1.5 b	2.6 ± 1.1a	93.27
GZ-I	81.4 ± 12.6 ab	12.5 ± 1.5 ab	3.6 ± 1.1 a	97.36
GZ-II	70.2 ± 7.6 b	11.4 ± 1.5 ab	3.2 ± 1.5 a	89.51
GZ-III	89.6 ± 5.4 a	13.1 ± 1.9 a	3.2 ± 1.3 a	98.26
GZ-IV	77.6 ± 9.8 b	12.8 ± 1.9 a	3.8 ± 1.6 a	96.12

注:同列不同小写字母表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

2.2 生物有机肥对连作马铃薯土壤微生物的影响

从目前的研究来看,造成作物连作障碍的原因很多,包括土壤含盐量、碱解氮含量和土壤容重逐年上升,有效磷、速效钾和有机质含量显著下降,土壤中酚酸类化感物质含量(除对羟基苯甲酸外)显著增加,关键酶活性显著下降,土壤微生物结构失调等,从而影响作物产量和品质^[11-12]。微生物是土壤中最具生命活性的部分,在物质和能量传递、养分循环利用以及土壤自我修复过程中起着重要的作用^[13],有研究表明微生物群落结构可以作为评价土壤肥力的重要活性因子,同时土壤中的有益微生物可以对土传病害有很好的拮抗抑制作用^[14]。连作体系下作物生长障碍最主要的原因是土壤微生物群落结构变化、失调,导致土传病害严重,进而影响病虫害发生率和作物产量^[15-17]。因此,从调整土壤微生物群落结构,改善土壤生物环境的角度出发,通过施入有益微生物来改善土壤环境是解决连作障碍的途径之一。

从表 3 中可以看出,与 CK 相比,施用生物有机

肥后土壤中的细菌含量明显增加,其中 GZ-I 处理提高最明显,细菌含量较 CK 提高 1 倍;其次 GZ-III 处理;GZ-II 处理细菌含量和 CK 相当。各生物有机肥处理真菌含量有所减少,其中最低的是 GZ-I 处理,较 CK 减少 3.8×10^4 cfu/g;其次是 GZ-III 处理和 GZ-IV 处理。各生物有机肥处理放线菌含量增加。从土壤中各种微生物的类群变化来看,施用生物有机肥后土壤中各种微生物的类群比例发生了变化,细菌含量增加,说明土壤结构在朝着“细菌型”的健康土壤转变。从细菌与真菌的比例(B/F)来看,GZ-I 处理的比例最高,其次是 GZ-III 处理,分别比 CK 提高 5.67 倍和 3.2 倍。土壤中的真菌大多是病原菌,通过施用生物有机肥土壤中的真菌数量明显降低,说明生物有机肥可以降低土壤中病原真菌的比率,减少植物病害的发生,从而促进植物健康生长。同时生物有机肥可以通过改善土壤生态环境,降低自毒物质等途径克服连作障碍^[18-21],使土壤向着“细菌型”的健康型转变,起到改善土壤微生物群落结构的作用^[22-23]。

表 3 不同生物有机肥对连作马铃薯土壤微生物的影响
Table 3 Effects of different bio-organic fertilizers on soil microflora under continuous cropping of potato

处理	细菌 ($\times 10^6$ cfu/g 干土)	真菌 ($\times 10^4$ cfu/g 干土)	放线菌 ($\times 10^5$ cfu/g 干土)	细菌/真菌(B/F)	
				绝对值($\times 10^2$)	较 CK 增减(倍)
CK	0.60 ± 0.02 c	4.0 ± 0.3 a	1.8 ± 0.2 c	0.15	-
GZ-I	1.20 ± 0.30 a	1.2 ± 0.2 c	4.4 ± 0.9 a	1.00	5.67
GZ-II	0.60 ± 0.06 c	1.7 ± 0.7 b	2.5 ± 0.2 b	0.35	1.33
GZ-III	1.00 ± 0.04 a	1.6 ± 0.7 bc	4.6 ± 0.4 a	0.63	3.20
GZ-IV	0.90 ± 0.10 b	1.6 ± 0.8 bc	3.5 ± 0.5 ab	0.56	2.73

2.3 生物有机肥对连作马铃薯土壤养分的影响

生物有机肥可以提高土壤中有效养分含量,改善土壤结构,有利于块根发育和淀粉积累^[24]。另外,研究表明在连作条件下土壤中有机质含量影响作物的产量和品质^[25],土壤中增施有机肥可以提高连作黄瓜的产量和品质^[26],减少连作草莓枯萎病的发生率,改善土壤微生物群落结构^[27],从而克服草莓连作障碍。从本试验生物有机肥对土壤养分含量的影响结果看,生物有机肥对提高土壤速效养分含量有显著

的效果,土壤有机质和速效氮、磷、钾含量都明显高于 CK,而施用生物有机肥后的土壤 pH 的变化没有明显的规律。GZ-III 处理的增肥效果最明显,速效氮、磷、钾分别比 CK 提高了 10.53%、64.86% 和 69.84%,有机质提高了 8.33%。土壤肥力上升与生物有机肥富含有机质和多种有益微生物菌系有关,其不仅能增加土壤有机质,而且其中富含的有益微生物可以促进土壤养分转化,有利于速效养分的累积,提高土壤有效养分的含量,所以施用生物有机肥对增加土壤速效

表 4 不同生物有机肥对连作马铃薯土壤养分的影响
Table 4 Effects of different bio-fertilizers on soil nutrients under continuous cropping of potato

处理	全氮(g/kg)	碱解氮(mg/kg)	全磷(g/kg)	有效磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(g/kg)	pH
CK	2.0	101.9	0.9	30.6	11.8	195.2	17.6	6.2
GZ-I	1.9	107.2	1.1	24.1	12.2	227.3	18.4	6.0
GZ-II	2.1	107.2	1.0	31.5	12.2	293.4	20.6	6.9
GZ-III	2.1	112.6	1.2	50.4	12.8	331.6	19.1	6.2
GZ-IV	2.1	107.2	1.1	39.9	12.2	187.0	18.4	6.7

养分,提高土壤肥力有显著的效果,与前人研究结果一致。

2.4 生物有机肥对连作马铃薯产量的影响

由表 5 可知,施用生物有机肥可以显著提高马铃薯的产量,较 CK 增产 7.84%~52.26%。其中,GZ-I 处理增产效果最好,为 25 135 kg/hm²,较 CK 显著增产 52.26%($P<0.05$);其次是 GZ-IV 处理,较 CK 增产 46.82%;再次是 GZ-III 处理和 GZ-II 处理。这与前人研究的配施生物有机肥可以显著地提高连作马铃薯、西红柿、黄瓜等蔬菜的产量,降低病薯率,并有效地克服连作障碍^[28-31]的结果一致。

表 5 不同生物有机肥对连作马铃薯产量的影响
Table 5 Effects of different bio-fertilizers on potato yields under continuous cropping

处理	产量	
	绝对值(kg/hm ²)	较 CK 增减(%)
CK	16 614 ± 151 c	-
GZ-I	25 120 ± 324 a	52.26
GZ-II	17 802 ± 243 b	7.84
GZ-III	18 753 ± 750 b	13.60
GZ-IV	24 237 ± 301 a	46.82

表 6 不同生物有机肥处理对连作马铃薯养分含量的影响

Table 6 Effects of different bio-fertilizers on potato nutrient contents under continuous cropping

处理	氮		磷		钾	
	含量(mg/kg)	较 CK 增减(%)	含量(mg/kg)	较 CK 增减(%)	含量 (mg/kg)	较 CK 增减(%)
CK	16.3	-	1.9	-	22.0	-
GZ-I	20.3	24.54	2.0	5.26	24.6	11.82
GZ-II	20.6	26.38	2.4	26.32	26.7	21.36
GZ-III	17.9	9.82	2.1	10.53	24.8	12.73
GZ-IV	18.5	13.50	2.1	10.53	22.2	0.91

表 7 不同生物有机肥处理对连作马铃薯品质的影响

Table 7 Effects of different bio-fertilizers on potato qualities under continuous cropping

处理	粗蛋白		淀粉		还原性糖		Vc	
	含量(g/kg)	较 CK 增减(%)	含量(g/kg)	较 CK 增减(%)	含量 (g/kg)	较 CK 增减(%)	含量 (g/kg)	较 CK 增减(%)
CK	101.6	-	92.0	-	2.5	-	120.0	-
GZ-I	111.6	9.84	145.0	57.61	3.9	56.00	148.6	23.83
GZ-II	129.0	26.97	101.8	10.65	3.0	20.00	137.1	14.25
GZ-III	127.0	25.00	154.4	67.83	6.6	164.00	168.6	40.50
GZ-IV	115.5	13.68	139.6	51.74	4.1	64.00	148.6	23.83

3 结论

本试验条件下,通过配施生物有机肥,土壤中细菌和放线菌数量增加,真菌数量减少,土壤中的细菌/

2.5 生物有机肥对连作马铃薯薯块养分和品质的影响

从生物有机肥对马铃薯薯块养分的影响作用来看(表 6),4 种生物有机肥均可以提高薯块中的氮、磷、钾含量,说明生物有机肥可以促进养分的转化吸收。较 CK,各生物有机肥处理对氮的吸收效果分别提高 9.8%~26.4%,大小顺序为 GZ-II>GZ-I>GZ-IV>GZ-III;磷的含量,各生物有机肥处理分别较 CK 提高 5.26%~26.32%,最好的是 GZ-II 处理;钾的含量,大小顺序为 GZ-II>GZ-III>GZ-I>GZ-IV>CK,GZ-II 处理最高,较 CK 提高 21.36%。与生物有机肥可以显著提高连作中药材产量及品质,降低药材发病率等结果一致^[32-37]。

从表 7 可以看出,配施生物有机肥较单施化肥的处理薯块的品质提高,其中施用 GZ-III 处理薯块淀粉、还原性糖以及 Vc 含量最高,较 CK 分别提高 67.83%、164.00% 和 40.50%。GZ-II 处理的粗蛋白含量最高,比 CK 提高 26.97%,其次是 GZ-III 处理比 CK 提高 25.00%。GZ-I 处理和 GZ-IV 处理对 Vc 含量的影响效果相同,其余 3 个指标对这两种生物有机肥也表现出大体一致的响应,说明 GZ-I 和 GZ-IV 两种生物有机肥对马铃薯的品质影响一致。总体来看,施用生物有机肥对马铃薯品质有很大的改善作用。

真菌比(B/F)较对照提高 1.33~5.67 倍;对土壤的培肥效果明显,GZ-III 处理对土壤改良作用最好,改善了土壤的微生物结构,培肥地力。从作物的产量和品质来看,施用生物有机肥对产量和品质均有提高和改

善作用,但是对各项指标的影响效果不一致,如 GZ-I 处理对土壤微生物群落结构和作物产量的作用明显,而 GZ-III 处理对作物品质提高最好。综合对土壤培肥以及作物产量和品质的提高作用,GZ-III 处理效果最好,在生产中可以推广应用。

参考文献:

- [1] 孟品品,刘星,邱慧珍,等.连作马铃薯根际土壤真菌种群结构及其生物效应[J].应用生态学报,2012,23(11):3079-3086
- [2] Howeler R H. Long-term effect of cassava cultivation on soil productivity[J]. Field Crops Research, 1991, 26(1):1-18
- [3] Cadavid L F, EL-sharkawy M A, et al. Long-term effect of mulch, fertilization and tillage on cassava grow in sandy soil in northern Colombia[J]. Field Crops Research, 1998(5): 45-56
- [4] 翁锦周,何炎森.生物有机肥对甘蔗产量及土壤的影响[J].亚热带农业研究,2005,1(3):13-15
- [5] 吕卫光,杨新民,沈其荣,等.生物有机肥对连作西瓜土壤酶活性和呼吸强度的影响[J].上海农业学报,2006,22(3):45-48
- [6] 蒋春来,李淑芹,王东,等.生物有机肥对春小麦品质产量的影响[J].东北农业大学学报,2004,35(5):526-528
- [7] 林志锋,刘勋,谢博.生物有机肥在苦瓜、豆角栽培上的应用研究[J].广西农业科学,2006,37(4):408-409
- [8] 高峰,曹林奎,陈国军,等.生物有机肥在糯玉米生产上的应用研究[J].上海交通大学学报(农业科学版),2003,21(3):237-241
- [9] 张连忠,路克国,王宏伟,等.重金属和生物有机肥对苹果根区土壤微生物的影响[J].水土保持学报,2005,19(2):92-95
- [10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,1999:106-489
- [11] 徐雪风,回振龙,李自龙,等.马铃薯连作障碍与土壤环境因子变化相关研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(4):16-23
- [12] 裴国平,王蒂,张俊莲.马铃薯连作障碍产生的原因与防治措施[J].广东农业科学,2010,38(6):30-32
- [13] Kennedy A C, Stubbs T L. Soil microbial communities as indicators of soil health[J]. Annals of Arid Zone, 2006, 45(3/4): 287-308
- [14] Omirou M, Rousidou C, Bekris F, et al. The impact of biofumigation and chemical fumigation methods on the structure and function of the soil microbial community[J]. Microbial Ecology, 2011, 61(1): 201-2013
- [15] 董艳,鲁耀,董坤,等.轮作模式对设施土壤微生物区系和酶活性的影响[J].土壤通报,2010(1):53-55
- [16] 马琨,张丽,杜茜,等.马铃薯连作栽培对土壤微生物群落的影响[J].水土保持学报,2010,24(4):229-233
- [17] 薛超,黄启为,凌宁,等.连作土壤微生物区系分析、调控及高通量研究方法[J].土壤学报,2011,48(3):612-618
- [18] 杨兴明,徐阳春,黄启为,等.有机(类)肥料与农业可持续发展及生态环境保护[J].土壤学报,2008,45(5):925-932
- [19] 张春兰,吕卫光,袁飞,等.生物有机肥减轻设施栽培黄瓜连作障碍的效果[J].中国农学通报,1999,15(6):67-69
- [20] 孙红霞,武琴,郑国祥,等.EM对茄子、黄瓜抗连作障碍和增强土壤生物活性的效果[J].土壤,2001,33(5):264-267
- [21] Fiers M, Edel-Hermann V, Chatot C, et al. Potato soil-borne diseases: A review[J]. Agronomy for Sustainable Development, 2012, 32: 93-132
- [22] 王丽丽,石俊雄,袁赛飞,等.微生物有机肥结合土壤改良剂防治烟草青枯病[J].土壤学报,2013,50(1):150-156
- [23] 刘星,张书乐,刘国锋,等.土壤熏蒸-微生物有机肥联用对连作马铃薯生长和土壤生化性质的影响[J].草业学报,2015,24(3):122-133
- [24] 罗兴录,岑忠用,谢和霞,等.生物有机肥对土壤理化、生物性状和木薯生长的影响[J].西北农业学报,2008,17(1):167-173
- [25] 田小明,李俊华,王成,等.连续3年施用生物有机肥对土壤养分、微生物量及酶活性的影响.土壤,2014,46(3):481-488
- [26] 杨玉惠,杨思存,王成宝,等.连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜产量和品质的影响[J].土壤,2014,46(1):83-87
- [27] 陈义群,董元华,王辉,等.施肥模式对连作草莓枯萎病控制效果及土壤微生物群落特征的影响[J].土壤,2012,44(1):78-83
- [28] 沈宝云,余斌,王文,等.腐植酸铵、有机肥、微生物肥配施在克服甘肃干旱地区马铃薯连作障碍上的应用研究[J].中国土壤与肥料,2011(2):68-70
- [29] Giottis C, Markelou E, Theodoropoulou A, et al. Effect of soil amendments and biological control agents(BCAs) on soil borne root diseases caused by Pyrenochaetalycopersici and Verticillium albo-atrum in organic greenhouse tomato production systems[J]. Eur. J. Plant Pathol., 2009, 123: 387-400
- [30] 张树生,杨兴明,黄启为,等.施用氨基酸肥料对连作条件下黄瓜的生物效应及土壤生物性状的影响[J].土壤学报,2007,44(4):689-694
- [31] 凌宁,王秋君,杨兴明,等.根际施用微生物有机肥防治连作西瓜枯萎病研究[J].植物营养与肥料学报,2009,15(5):1136-1141
- [32] 马田田,蔡枫,丁传雨,等.山药专用生物有机肥的生物效应研究[J].南京农业大学学报,2013,36(4):83-90
- [33] 郭春景,关兆红,李玉文,等.生物有机肥对人参重茬栽培地土壤微生态环境的影响研究[J].生物技术,2004,14(3):55-56
- [34] 潘秋祥,潘显能,袁伯新,等.“连作”生物有机肥在白术重茬中的应用效果[J].河北农业科学,2008,12(5):57-59
- [35] 丁平,潘超美,徐鸿华.不同生物有机肥对巴戟天主要有效成分的影响[J].现代中药研究与实践,2003,17(4):21-22
- [36] 段卫平.生物有机肥对桑树生长作用浅析[J].中国蚕业,2007,28(2):49-50
- [37] 孔祥波,徐坤,尚庆文,等.生物有机肥对生姜生长及产量、品质的影响[J].中国土壤与肥料,2007(2):64-67

Effects of Different Bio-organic Fertilizers on Potato Production and Soil Biochemical Characteristics in a Continuous Cropping System

LIU Lingling^{1,2,3}, GOU Jiulan^{1,2,3}, HE Jiafang^{1,2,3}, FAN Chengwu^{1,2,3}, QIN Song^{1,2,3*}

(1 *Institute of Soil and Fertilizer, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550006, China*; 2 *Guizhou Research Center for Agricultural Resources and Environment Engineering Technology, Guiyang 550006, China*; 3 *Field Monitoring Experimental Station for Cultivated Land Preservation and Agro-environment in Guizhou, Ministry of Agriculture of China, Guiyang 550006, China*)

Abstract: Bio-organic fertilizer is a new type of fertilizer which combines the advantages of beneficial microorganism and organic fertilizer, thus can promote the colonization and development of beneficial microorganism in soil. A field experiment was conducted to disclose the effects of different bio-organic fertilizers on potato production and soil biochemical characteristics in order to overcome the obstacle of potato continuous cropping. In this study, the emergence rates, agronomic traits, yields and qualities of Weiyu 5, a potato variety, as well as soil biological properties were compared under the same amounts of chemical fertilizer and of different bio-organic fertilizers. The results showed that bio-fertilizers improved potato production and soil nutrients and microbial community. Compared with CK (only chemical fertilizers), GZ-I treatment was the best in increasing potato yield, increased by 52.26%, and also increased the ration of bacteria to fungus (B/F) by 5.67 times. GZ-III was the best in improving potato quality, which had the highest contents of starch, reducing sugar and Vc, increased by 0.68, 1.64 and 0.41 times, respectively. Bio-fertilizers improved soil nutrient contents and soil fertility, in which GZ-III was best. In general, bio-organic fertilizer can improve soil quality and increase the yield and quality of potato under continuous cropping, GZ-I is the best in promoting yield and CZ-III is the best in promoting soil and potato qualities.

Key words: Potato; Bio-organic fertilizer; Continuous cropping; Soil microbial community