



孟庆英,张春峰,朱宝国,等.菌糠与化肥配施对马铃薯根际土壤酶活性及土壤养分的影响[J].黑龙江农业科学,2020(10):44-48.

菌糠与化肥配施对马铃薯根际土壤酶活性及土壤养分的影响

孟庆英^{1,2},张春峰¹,朱宝国¹,王因因¹,顾鑫¹,杨晓贺¹,高雪冬¹,丁俊杰¹

(1.黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154000;2.沈阳农业大学 土地与环境学院,辽宁 沈阳 110866)

摘要:菌糠作为有机物料对土壤的可持续利用和作物生长具有积极的影响,为研究菌糠直接还田对土壤和作物的影响,本研究以黑木耳菌糠为试验材料,设置化肥纯氮 120 kg·hm⁻²(T1)、菌糠替代氮肥用量 20%(T2)、40%(T3)和 60%(T4)处理,研究菌糠替代氮肥对马铃薯苗期、块茎膨大期和成熟期根际土壤酶活性、土壤养分含量以及马铃薯产量的影响。结果表明:菌糠部分替代氮肥可提高马铃薯生育期根际土壤过氧化氢酶、脲酶、蔗糖酶活性,其中 T2、T3 和 T4 处理在马铃薯成熟期与 T1 处理相比,各处理增加土壤过氧化氢酶 14.22%、22.55%和 24.02%;脲酶在各测定时期随菌糠量增加而表现升高趋势;蔗糖酶在马铃薯苗期和块茎膨大期也表现随菌糠量增加而增加。马铃薯根际土壤速效氮磷钾含量在马铃薯苗期最高,之后表现为先下降再升高,菌糠部分替代氮肥可有效提高土壤速效氮磷钾含量;马铃薯成熟期土壤有机质含量 T2、T3、T4 分别比 T1 提高了 6.01%、10.11%和 12.11%;菌糠部分替代氮肥使马铃薯产量有所下降,与 T1 相比各处理分别降低 6.52%(T2)、2.10%(T3)和 1.36%(T4),结合马铃薯产量结果,本研究认为菌糠替代氮肥 60%在减少化肥用量、保证马铃薯产量及培肥土壤上效果最佳。

关键词:菌糠;土壤酶;土壤养分;马铃薯

我国食用菌总产量和总出口量均位于世界第一位,因此每年产生大量食用菌栽培废弃物(Spent mushroom substrate, SMS,以下简称菌糠)。传统的菌糠处理方法多为丢弃和焚烧,不仅造成了资源浪费同时给环境带来巨大压力^[1]。菌糠在食用菌收获后仍残留大量的食用菌菌丝体,其中含有有机质、氮、磷、钾和其他营养物质^[2]。由于菌糠本身特殊的理化性质,目前菌糠在农业中的再利用途径主要有作为栽培基质^[3-5]、有机肥料^[6]、饲料^[7-8]、燃料^[9]以及土壤改良剂或修复剂等^[10-11]。虽然菌糠二次利用途径多样但相关企业产业链单一,大多直接进行堆积处理,使得菌糠的实际利用率较低,菌糠二次利用量与预期不符^[12]。

三江平原部分耕地,由于长期受到作物连作、粗放经营模式等一系列不良的耕作方式影响,导致该地区优质耕地资源急剧减少、基础地力持续

下降、水土流失、土壤酸化、土壤污染等问题十分突出^[13-14]。随着人们对菌糠资源化利用认识的提高,菌糠在土壤改良方面的研究逐渐增多。菌糠疏松透气,在土壤中进一步分解成具有良好通气蓄水能力的腐殖质,可增强土壤的透气性,避免土壤出现板结现象;富含有机物和多种矿质元素^[15],可改善土壤的缺素现象,增加土壤肥力,提高单位土壤面积的生产效益^[16];食用菌的菌丝体在生长过程中,分泌出某种激动素类的物质和特殊的酶,而这些酶可使复杂的有机物分解成易被植物吸收的营养物质^[17-18]。

以往研究较多将菌糠发酵后作为有机肥施用,如董洪涛等^[19]将发酵后木耳菌糠作为有机肥施用到土壤中,研究其对烤烟干物质的影响;刘冉等^[20]也将黑木耳菌糠加入发酵剂制成有机肥来研究,而将黑木耳菌糠直接添加到土壤中作为氮肥替代研究较少,因此本研究探讨菌糠部分替代氮肥直接还田对土壤酶活性、土壤养分含量和马铃薯产量的影响,为应用菌糠来提高土壤肥力、增加作物产量提供综合性参考依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2015 年在黑龙江省农业科学院佳木

收稿日期:2020-07-07

基金项目:黑龙江省马铃薯产业技术创新体系;黑龙江省农业科学院“农业科技创新跨越工程”(HNK2019CX07)。

第一作者:孟庆英(1982-),女,博士,助理研究员,从事土壤改良与植物营养研究。E-mail:mqy269@126.com。

通信作者:丁俊杰(1974-),男,博士,研究员,从事植物保护研究。E-mail:me999@126.com。

斯分院试验地(46° 47'N,130° 24'E)进行。供试土壤为草甸土,0~20 cm 土壤养分含量:有机质 21.41 g·kg⁻¹、全氮 1.10 g·kg⁻¹,pH6.17。

1.2 材料

供试菌糠(Spent mushroom substrate, SMS):黑木耳栽培废弃物,栽培料主要成分 53% 木屑,15%麦麸,30%玉米芯,1%石膏,1%石灰。菌糠养分含量:全氮 7.47 g·kg⁻¹、全磷 2.09 g·kg⁻¹、全钾 1.89 g·kg⁻¹、全碳 413.26 g·kg⁻¹,将菌糠完全风干过 5 mm 筛子,备用。供试马铃薯品种为荷兰 14。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 试验设 4 个处理:化肥纯氮 120 kg·hm⁻²(T1,CK);菌糠替代氮肥 20%,菌糠用量 3 213 kg·hm⁻²(T2);菌糠替代氮肥 40%,菌糠用量 6 425 kg·hm⁻²(T3);菌糠替代氮肥 60%,菌糠用量 9 638 kg·hm⁻²(T4)。每处理面积 6 m²(长 3 m,宽 2 m),随机排列,3 次重复,每小区设置 50 cm 隔离带。马铃薯采用垄作种植,每小区种植 4 行,行距 65 cm,株距 20 cm。于 5 月中旬播种,8 月末收获。肥料种类及用量,氮肥(尿素 N,46%)、磷肥(过磷酸钙 P₂O₅,12%) 90 kg·hm⁻²、钾肥(硫酸钾 K₂O,50%)100 kg·hm⁻²,春季播种前,将菌糠与耕层土壤(0~20 cm)充分混合。将肥料混匀播种前均匀条施在每两行间。利用自然降水供水,田间管理同大田。

1.3.2 测定项目及方法 于 2015 年马铃薯苗期、块茎膨大期和成熟期,将马铃薯整株拔出,搜集抖落的根际土壤,装入塑料袋一部分样品用于土壤酶活性的测定,一部分样品用于土壤养分含

量的测定。

土壤酶活性测定:土壤过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法(0.1 mol·L⁻¹ KMnO₄),脲酶活性采用靛酚蓝比色法,蔗糖酶活性采用 3,5-二硝基水杨酸比色法测定^[37];土壤养分含量测定:土壤有机质采用重铬酸钾-硫酸外加热法;碱解氮采用碱解扩散法;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法;速效钾采用醋酸铵浸提-火焰光度计法。马铃薯产量测定,每小区整体收获,折算成公顷产量。

1.3.3 数据分析 试验数据采用 Excel 2010 和 SPSS 19.0 软件进行计算和统计分析,多重比较采用最小显著极差法(LSD)。

2 结果与分析

2.1 菌糠对土壤酶活性的影响

土壤酶活性是土壤生物学活性的表现和维持土壤肥力的一个潜在指标,是土壤生态系统的核心。由表 1 可知,测定的 3 种酶活性均随马铃薯生育期表现为先升高后降低趋势,其中过氧化氢酶活性在马铃薯苗期、块茎膨大期,各处理间差异不显著,马铃薯成熟期随菌糠用量增加土壤过氧化氢酶活性表现为显著增加趋势,与 T1 处理相比 T2 增加 14.22%、T3 增加 22.55%、T4 增加 24.02%;菌糠添加使脲酶活性在各测定时期表现为随菌糠施用量增加而增加的趋势,与 T1 相比差异达到显著水平,说明在投入土壤中等量氮素条件下,菌糠活化土壤脲酶活性;蔗糖酶活性在马铃薯苗期和块茎膨大期表现为随菌糠用量增加而增加,在马铃薯成熟期土壤蔗糖酶活性表现为 T4>T1>T3>T2。

表 1 菌糠对土壤酶活性的影响

Table 1 Effects of mushroom bran application on soil enzyme activities

处理 Treatments	过氧化氢酶 Hydrogen peroxidase/(g·mL ⁻¹)			脲酶 Urease/(mg·g ⁻¹)			蔗糖酶 Invertase/(mg·g ⁻¹)		
	苗期 Seeding	块茎膨大期 Tuber bulking	成熟期 Maturity	苗期 Seeding	块茎膨大期 Tuber bulking	成熟期 Maturity	苗期 Seeding	块茎膨大期 Tuber bulking	成熟期 Maturity
T1(CK)	1.94±0.01 a	3.03±0.03 a	2.04±0.02 c	1.48±0.03 b	1.61±0.01 c	2.26±0.02 c	22.63±0.21 c	31.86±0.81 c	28.54±0.61 a
T2	1.94±0.02 a	3.02±0.06 a	2.33±0.02 b	1.66±0.15 b	1.77±0.08 b	2.36±0.02 c	23.63±0.21 c	33.27±0.11 c	25.90±0.66 b
T3	1.95±0.02 a	3.07±0.01 a	2.50±0.01 a	1.97±0.03 a	3.22±0.01 a	2.62±0.05 b	26.25±0.53 b	35.41±0.22 a	27.38±0.38 ab
T4	1.96±0.01 a	3.11±0.02 a	2.53±0.02 a	2.20±0.04 a	3.26±0.02 a	2.89±0.02 a	28.34±0.53 a	37.17±0.67 b	28.74±0.17 a

注:不同小写字母表示处理间存在显著差异(P<0.05)。下同。
Note:Different lowercase letters mean significant difference between treatments(P<0.05). The same below.

2.2 菌糠对土壤养分含量的影响

2.2.1 菌糠对土壤碱解氮的影响 由图 1 可知,各处理土壤碱解氮含量在马铃薯苗期最高然后下降(块茎形成期)到成熟期有所升高,T4 处理在各测定时期碱解氮含量均高于其他处理并与 T1 差异达到显著水平($P < 0.05$);马铃薯块茎膨大期菌糠添加处理碱解氮含量均显著高于 T1 ($P < 0.05$),与 T1 相比 T2 碱解氮含量升高 11.43%、T3 碱解氮含量升高 8.57%,T4 碱解氮含量升高 8.57%。菌糠添加增加了土壤中碱解氮含量。

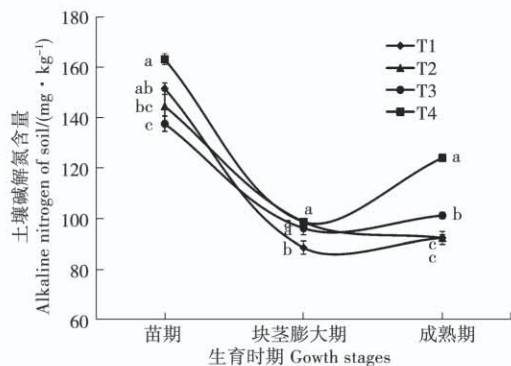


图 1 菌糠对土壤碱解氮的影响

Fig. 1 Effects of SMS on soil alkali hydrolyzable nitrogen

2.2.2 菌糠对土壤有效磷的影响 由图 2 可知,各处理土壤有效磷含量在马铃薯苗期最高,随马铃薯生育期延长,T1 与 T2 处理土壤有效磷含量表现持续下降趋势,而 T3 与 T4 处理土壤有效磷含量表现为先下降后升高趋势;在马铃薯块茎膨大期及成熟期 T1 处理土壤碱解氮含量均为最低,这可能是由于菌糠添加一方面活化了土壤中有有效磷含量另一方面菌糠本身含有的磷被带入土壤中;马铃薯成熟期与 T1 处理相比各处理均提

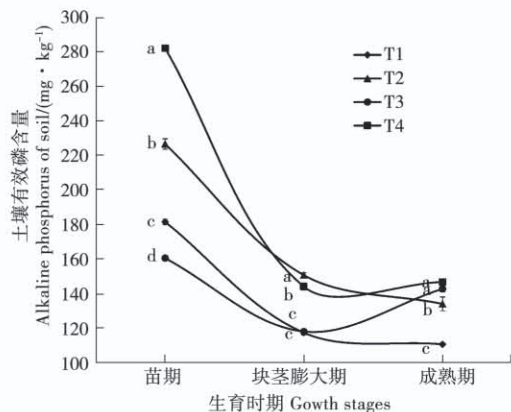


图 2 菌糠对土壤有效磷的影响

Fig. 2 Effects of SMS on soil available phosphorus

高了土壤有效磷含量且差异达到显著水平($P < 0.05$),T2、T3 和 T4 分别提高了 21.08%、28.91%和 32.53%。

2.2.3 菌糠对土壤速效钾的影响 由图 3 可知,各处理土壤速效钾含量在马铃薯苗期最高,随马铃薯生育期延长,T1 与 T2 处理土壤有效磷含量表现持续下降趋势,而 T3 与 T4 处理土壤速效钾含量表现为先下降后升高趋势;马铃薯成熟期与 T1 处理相比,T3 和 T4 处理提高了土壤速效钾含量且差异达到显著水平($P < 0.05$),T3 和 T4 分别提高了速效钾含量 7.92%和 10.18%。

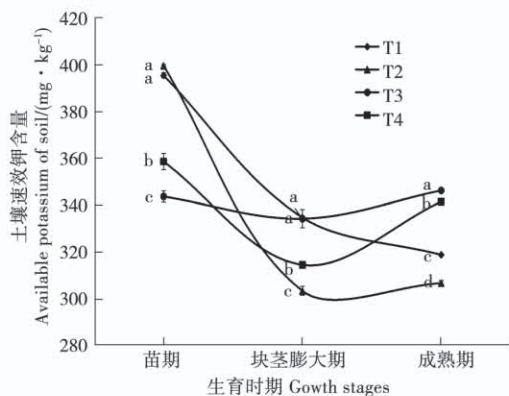


图 3 菌糠对土壤速效钾的影响

Fig. 3 Effect of SMS on soil available potassium

2.2.4 菌糠对土壤有机质的影响 由图 4 可知,土壤有机质含量 T1 与 T2 处理表现先升高后降低趋势,而 T3 与 T4 处理土壤有机质含量表现为持续下降趋势;T1 处理在各测定时期均低于其他处理,产生原因主要是因为菌糠添加增加了土壤中的有机质,如图所示随菌糠添加量增加土壤有机质含量在各测定时期表现为增加趋势。马铃薯苗期 T2、T3、T4 分别比 T1 提高了 4.96%、27.87%和 28.15% ($P < 0.05$);马铃薯块茎膨大期 T2、T3 和 T4 分别比 T1 提高了 5.67%、7.86%和 6.11% ($P < 0.05$);马铃薯成熟期 T2、T3 和 T4 分别比 T1 提高了 6.01%、10.11%和 12.11%。

2.3 菌糠对马铃薯产量的影响

由表 2 可知,T1 产量最高,与 T1 处理比,菌糠替代氮肥添加各处理产量有所下降,但差异未达到显著水平;T2、T3 和 T4 与 T1 相比马铃薯产量分别降低 6.52%、2.10%和 1.36%。产量结果说明菌糠不同比例替代氮肥与常规施肥比虽然产量有所降低,但差异未达到显著水平;随菌糠施用量的增加马铃薯产量表现为增加趋势,T4 处理产量比 T1 降低比值最小。

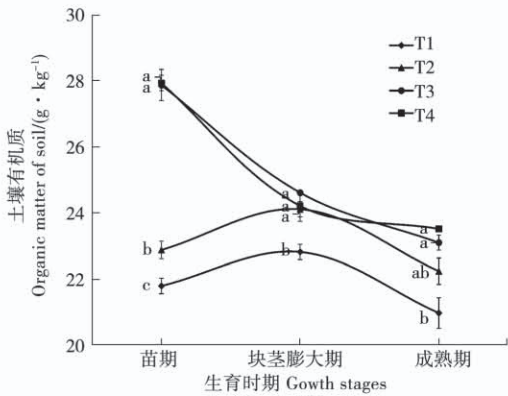


图 4 菌糠对土壤有机质的影响

Fig. 4 Effect of SMS on soil organic matter

表 2 菌糠对马铃薯产量的影响

Table 2 Effects of SMS on potato yield

处理 Treatments	产量 Yield/(kg·hm ²)
T1	37117.67±1049.28 a
T2	34698.33±1130.17 ab
T3	36338.67±516.18 ab
T4	36614.67±670.79 a

3 结论与讨论

3.1 讨论

中国耕地普遍采用增施有机肥、秸秆还田等方式培肥土壤^[21-22],但我国东北,尤其是黑龙江省气温低,严重影响秸秆腐解速度^[23],而菌糠内的纤维素,木质素已被大量降解,对于减少化肥用量,快速培肥土壤具有积极意义^[3,10]。本研究结果表明菌糠替代氮肥施用不但可以减少氮肥用量还增加了土壤中速效氮磷钾及有机质含量,其原因一方面是菌糠本身含有大量的养分,另一方面食用菌生长过程中产生大量菌丝体,菌丝体含有大量的多糖、单糖、氨基酸等营养物质,食用菌生长过程中菌丝体还会向栽培基质中分泌大量的酶类,多糖和生物酶等其他次生代谢物,这就增加了菌糠的养分含量^[24]。大量研究都表明菌糠可增加土壤有机质及养分含量^[6,10-11]。土壤有机质的增加可培肥土壤,还可以改变土壤结构,增加土壤大团聚体^[25]进而影响土壤微生物学特性。曹雪莹等^[26]认为菌糠微生物含量较高,能够有效地提升与优化植株的生长环境,极大程度地降低病虫害,形成良好的生长模式。菌糠使土壤理化性质得到改善,对作物生长起到积极作用。

由于食用菌栽培物料和培养环境的不同,菌

糠的养分含量及组成差异较大^[27-29]。菌糠与化肥复配的同时应将一些微生物菌剂投入土壤^[6,22],或与其他物料配合施用^[4,30]以发挥菌糠最佳培肥土壤功能。菌糠的利用应根据菌糠本身理化性质,土壤理化性质进行比较研究,综合考虑菌糠成分,避免二次污染,对长期施用菌糠后土壤的微生物群落多样性变化进行分析,同时对环境产生的影响进行综合评估。

3.2 结论

黑木耳菌糠不同比例替代氮肥可增加马铃薯苗期、块茎膨大期、成熟期土壤速效氮磷钾及有机质含量;提高土壤过氧化氢酶、脲酶和蔗糖酶活性;虽然菌糠替代氮肥对马铃薯产量造成一定影响但差异未达到显著水平,菌糠利用不仅可以减少化肥用量、降低生产成本,而且可以培肥土壤活化土壤酶活性,对土壤的可持续利用起到积极作用,根据本研究结果表明 T4 处理-菌糠替代 60% 氮肥在保证马铃薯产量的同时对培肥土壤效果最佳。

参考文献:

[1] 楼子墨,王卓行,周晓馨,等.废弃菌糠资源化过程中的成分变化规律及其环境影响[J].环境科学,2016,37(1):397-402.

[2] 王帅,王楠,陈殿元,等.菌糠搭载硫酸铝对盐碱地稻田养分状况的影响研究[J].土壤通报,2017,48(2):460-466.

[3] 毛碧增,贺满桥,陈丽闽,等.蘑菇菌糠复配生物基质对番茄营养生长及光合作用的影响[J].核农学报,2015,29(9):1821-1827.

[4] 张鹏,王延锋,史磊,等.利用黑木耳菌糠栽培大球盖菇的技术研究[J].中国食用菌,2017,36(1):32-35.

[5] Naderi D, Fallahzade J. Investigation of the potential use of recycling spent mushroom compost as marigold (*Calendula officinalis*) bedding medium[J]. Journal of Plant Nutrition. 2017,40(19):2662-2668.

[6] 曾振基,陈逸湘,凌宏通,等.食用菌菌糠生产有机肥研究[J].中国食用菌,2015,34(2):56-59.

[7] 秦翠静,程书梅,陈宝江,等.菌糠在饲料中的应用研究[J].食用菌,2016,38(2):5-6.

[8] Fazaeli H, Shafyee-Varzenez H, Farahpoor A, et al. Recycling of mushroom compost wheat straw in the diet of feedlot calves with two physical forms[J]. International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture, 2014, 3(3):65.

[9] Viotto R S, Maia A A D, Yamaji F M, et al. Thermogravimetric investigation of spent shiitake substrate to solid biofuel[J]. Canadian Journal of Chemical Engineering, 2018,96(4):845-854.

[10] 王良梅,黄松杉,郑光耀,等.菌渣作为土壤调理剂资源化利用的研究进展[J].土壤通报,2016,47(5):1273-128.

[11] 石堃,崔大练,易杨,等.菌糠土壤改良剂对滩涂盐碱土壤

- 主要理化性质的影响[J]. 国土与自然资源研究, 2014(5): 45-47.
- [12] 孙浩冉. 菌糠资源化利用及其对土壤环境质量的改良[J]. 中国食用菌, 2019, 38(8): 11-13.
- [13] 魏丹, 杨谦, 迟凤琴. 东北黑土区土壤资源现状与存在问题[J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 69-72.
- [14] 刘洪涛, 郭小夏, 成升魁, 等. 我国粮食生产的耕地资源环境效应特征与代价分析[J]. 中国环境管理, 2019, 11(4): 67-70, 78.
- [15] 陆娜, 袁卫东, 周祖法, 等. 4 种工厂化食用菌菌糠的主要营养成分及重金属分析[J]. 中国食用菌, 2015(6): 42-44.
- [16] 王德汉, 项钱彬, 陈广银. 蘑菇渣资源的生态高值化利用研究进展[J]. 有色冶金设计与研究, 2007, 28(2-3): 262-266.
- [17] Medina E, Paredes C, Bustamante M A, et al. Relationships between soil physico-chemical, chemical and biological properties in a soil amended with spent mushroom substrate[J]. Geoderma, 2012, 173: 152-161.
- [18] Roy S, Barman S, Chakraborty U, et al. Evaluation of spent mushroom substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annum*[J]. Applied Biochemistry and Biotechnology, 2015, 3: 22-27.
- [19] 董洪涛, 陈兴, 焦玉生, 等. 木耳菌糠有机肥对烤烟干物质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2014(4): 51-54.
- [20] 刘冉, 董莎, 姚志超, 等. 黑木耳菌糠有机肥的制备及肥效研究[J]. 东北农业科学, 2018, 43(6): 20-24.
- [21] 陈洁, 梁国庆, 周卫, 等. 长期施用有机肥对稻麦轮作体系土壤有机碳氮组分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2019, 25(1): 36-44.
- [22] 张娟, 徐宁彤, 孟庆峰, 等. 有机肥施用年限对土壤有机碳组分及其来源与玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2019, 35(2): 107-113.
- [23] 龚振平, 邓乃棒, 宋秋来, 等. 基于长期定位试验的松嫩平原还田玉米秸秆腐解特征研究[J]. 农业工程学报, 2018, 34(8): 139-145.
- [24] 冯小飞, 杨青青, 熊建辉, 等. 2 种玉米芯菌糠的营养成分测定及平菇栽培试验 [J]. 西南林业大学学报(自然科学), 2019, 39(6): 71-76.
- [25] Six J, Elliott E T, Paustian K, et al. Aggregation and soil organic matter accumulation in cultivated and native grassland soils [J]. Soil Science Society of America Journal, 1998, 62: 1367-1377.
- [26] 曹雪莹, 陈智毅, 唐秋实, 等. 金针菇菌糠啤酒糟有机肥对土壤及马铃薯品质的影响[J]. 食品安全质量检测学报, 2017, 8(6): 2140-2145.
- [27] 赵晓丽, 刘学铭, 陈智毅, 等. 金针菇菌糠不同部位营养成分比较[J]. 食用菌学报, 2012, 19(4): 21-24.
- [28] 陆娜, 袁卫东, 周祖法, 等. 4 种工厂化食用菌菌糠的主要营养成分及重金属分析[J]. 中国食用菌, 2015(6): 42-44.
- [29] 范文丽, 李天来, 代洋, 等. 杏鲍菇、香菇、金针菇、蛹虫草、滑菇、平菇菌糠营养分析评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2013, 44(5): 673-677.
- [30] 王强. 菌糠与 EM 菌肥施对玉米品质、产量及土壤理化性状的影响[D]. 晋中: 山西农业大学, 2016.

Effects of Combined Application of SMS and Chemical Fertilizer on Soil Enzyme Activities and Soil Nutrients in Potato Rhizosphere

MENG Qing-ying^{1,2}, ZHANG Chun-feng¹, ZHU Bao-guo¹, WANG Nan-nan¹, GU Xin¹, YANG Xiao-he¹, GAO Xue-dong¹, DING Jun-jie¹

(1. Jiamusi Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi 154007, China; 2. College of Land and Environmental Science, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Spent mushroom substrate (SMS) as organic material has a positive effect on the sustainable use of soil and crop growth. In order to study the effect of direct return of SMS on soil and crops, the SMS of *Auricularia auricula* was used as the experimental material in this study. The pure nitrogen of fertilizer was 120 kg·hm⁻² (T1), and the amount of SMS replacing nitrogen fertilizer was 20% (T2) and 40% (T3) and 60% (T4) treatments were used to study the effects of SMS on rhizosphere soil enzyme activity, soil nutrient content and potato yield at seedling, tuber expansion and maturity stages. The results showed that the activities of catalase, urease and sucrase in rhizosphere soil were increased by 14.22%, 22.55% and 24.02% respectively in T2, T3 and T4 treatments compared with T1 treatment at potato maturity stage, urease increased with the increase of bacterial orders in each determination period, invertase activity increased in potato seedlings, it also increased with the increase of the amount of bacteria. The content of available N, P and K in rhizosphere soil of potato was the highest at seedling stage, then decreased first and then increased. The content of soil organic matter in T2, T3 and T4 increased by 6.01%, 10.11% and 12.11% respectively compared with T1 at maturity stage, the yield of potato decreased with the partial replacement of nitrogen fertilizer by microbial order, compared with T1, according to the results of potato yield, 60% of nitrogen fertilizer was replaced by SMS, which could reduce the amount of chemical fertilizer, ensure the yield of potato and fertilize the soil.

Keywords: spent mushroom substrate; soil enzyme; soil nutrient; potato