

菇渣堆肥对苹果苗生长和土壤持水能力的影响

全少伟^{1,2}, 时连辉^{1,2,3}, 刘登民^{1,2}, 胡雨彤^{1,2}, 孙杰^{1,2}, 魏美艳^{1,2}

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271018; 2. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东 泰安 271018;

3. 国家苹果工程技术研究中心, 山东 泰安 271018)

摘 要:以苹果苗为试材, 采用盆栽法, 研究了 0、12.5、25.0、50.0、100.0、200.0 g/kg 菇渣堆肥不同施用量对苹果苗生长、叶片光合色素、根系形态以及根系活力的影响, 以期对菇渣堆肥在果园的应用提供参考。结果表明: 与对照(CK)相比, 菇渣堆肥不同施用量均能够显著增加苹果苗地上生物量, 50.0 g/kg 施用量在提高苹果苗干径、苗枝径、单叶片叶面积和单株叶面积方面效果更明显; 随着菇渣堆肥施用量的增多, 根系形态、根鲜重和根系活力均呈先上升后下降的变化趋势, 且在 50.0 g/kg 施用量时达最大值, 其根系长度、根表面积、根体积、根尖数、根鲜重和根系活力分别是 CK 的 5.66、4.80、3.90、5.67、2.24、1.78 倍; 经过 1 周土壤含水量的变化, 施用菇渣堆肥显著增强土壤的吸水性和保水性, 其中 50.0 g/kg 施用量在后期的保水效果最好, 比 CK 增加了 178.93%; 50.0 g/kg 施用量不仅在苹果苗生长和土壤持水能力方面表现效果突出, 而且在经济方面也较为实惠, 可为果园推广应用提供依据。

关键词:菇渣堆肥; 苹果苗; 根系; 土壤持水量; 根系形态

中图分类号:S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)03-0154-05

菇渣是栽培各种食用菌以后剩下的经过微生物分解的有机固体废弃物, 其不仅含有食用菌的代谢产物, 包括粗蛋白、粗脂肪和无氮浸出物等丰富的营养物质^[1], 而且含有数量庞大、种类繁多的微生物群落, 特别是含有较多对纤维素类物质, 有很强降解能力的真菌类微生物, 并含有大量木质纤维素降解酶和各类水解酶^[2-3]。菇渣在农业生产方面是一种潜在能源物质^[4], 将菇渣施用到土壤中, 既可减少环境污染, 又可增加对生物资源的多层次利用, 提高生态效益, 是菇渣无害化和资源化再利用的最有效的方法和生态环境发展方向, 变“废”为“宝”, 实现废物循环利用和农业可持续发展, 对保护环境和农业生产具有积极意义。菇渣和粗纤维降解菌种通过好氧高温堆肥发酵后制成菇渣堆肥, 也是一种生物有机肥和土壤调理剂^[5-6], 其质地疏松养分丰富, 不仅可以改善土壤物理性质, 提高保水能力, 促使土壤团

粒结构形成、维持和提高土壤肥力等, 还能够促进作物生长、增加植物生物量、提高作物产量和品质^[7-9]。目前, 菇渣堆肥作为土壤改良剂, 对其研究和应用越来越多, 并取得了很好的效果, 得到了人们的认可, 但在果树上的研究报道较少。因此, 该试验采用盆栽试验的方式, 研究出了菇渣堆肥不同施用量对苹果苗生长以及土壤持水能力的影响, 以期研究出菇渣堆肥最佳施用量, 并为菇渣堆肥在果园应用生产方面提供理论依据和技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地点位于山东农业大学南校区实验基地, 海拔 150 m, 地理位置为东经 117°08', 北纬 36°11', 属温带大陆半湿润季风气候区, 年均气温为 12.9℃, 极端最高气温 41℃, 极端最低气温为 -27.5℃, 年平均降水量为 600~800 mm, 干燥度为 1.1~1.5, 冬季温和较湿润, 夏季炎热多雨, 其降水多集中于 7~8 月份。

1.2 试验材料

供试土壤采自山东农业大学南校区实验基地 0~20 cm, 经风干, 过 2 mm 筛, 土壤为潮棕壤, 有机质含量 13.96 g/kg、全氮含量 0.75 g/kg、有效磷含量 30.26 g/kg、速效钾含量 103.95 g/kg, pH 7.13, EC 值为 0.18 mS/cm。供试平菇菇渣来自泰安市南上高蘑菇生产基地, 将菇渣去袋后, 用粉碎机粉碎, 加入适量发酵菌剂, 然后调节水分, 以堆肥材料最大持水量 60%~75%

第一作者简介:全少伟(1986-), 男, 硕士研究生, 现主要从事农业有机废弃物资源化利用等研究工作。E-mail: tay284@163.com.

责任作者:刘登民(1957-), 男, 副教授, 现主要从事土壤营养及其人工营养土的应用等研究工作。E-mail: liudm666@126.com.

基金项目:国家苹果产业技术体系专项资助项目(CARS-28); 国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAD16B02; 2014BAL04B05); 科技部成果转化项资助项目(2012GB2C600248); 山东省优秀中青年科学家科研奖励基金资助项目(BS2010NY019); 泰安市科技发展计划资助项目(20123064)。

收稿日期:2013-11-07

为宜,并堆积起来,进行好氧高温堆肥,1周进行1次。上下、里外翻堆,继续发酵,如此进行4次,高温50~60℃持续30d即可达到发酵的目的,将发酵好的菇渣堆肥晒干,过5mm筛,装袋供试验用。经测定菇渣堆肥容重0.26g/cm³,总孔隙度85.86%,有机质含量64.82%,全氮含量1.74%,全磷含量0.85%,全钾含量0.41%,pH7.97,EC值3.27mS/cm。

供试材料为1a生“烟富6号”苹果苗,砧木为平邑甜茶(*Malus hupehensis* Rehd.)。

1.3 试验方法

试验以盆栽方式进行,盆钵大小45cm×35cm。试验共设5个处理,每处理6次重复,5个处理每1kg土壤中分别施用12.5、25.0、50.0、100.0、200.0g菇渣堆肥分别标记为SMC1、SMC2、SMC3、SMC4、SMC5,以不添加菇渣堆肥为对照(CK)。于2012年3月12日,将菇渣堆肥和土壤根据不同处理分别混合后装盆,选择根系分布均衡和长势基本一致的苹果苗,修剪根系并定植,40cm处截干(距嫁接口高度),顶部用塑料薄膜密封。

栽植7个月后至2012年10月12日,随机取样,先对苹果苗生长指标进行测量,后进行植株样品采集。将苹果苗破盆,保证根系完整,每个处理取3棵,用剪刀把根和叶剪下,分别装入塑料袋,贴好标签,带回实验室用吸水纸擦净表面杂物,用蒸馏水冲洗根和叶片,洗净后用吸水纸擦干称重,然后将根和叶片放入冰箱中冷藏,保存待测。

1.4 项目测定

干径、枝径用游标卡尺测量,枝长用软尺测量,分枝数为人工计数;光合色素含量参照李合生^[10]方法测定;将根系和叶片用蒸馏水轻轻冲洗干净,用台式扫描仪(国产NUScan700)扫描整个根系(无分级),根的直径、总长度、表面积、体积、数量,叶面积计算用图像分析软件;根鲜重用1/100天平称量;根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定^[11];土壤体积含水量:1次性浇透水,

达土壤最大持水量,用TDR测定1周内土壤体积含水量的变化情况,每天上午10:00测定1次。

1.5 数据分析

试验数据采用Excel 2003和SPSS 11.5软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 菇渣堆肥不同施用量对苹果苗生长的影响

由表1可知,菇渣堆肥不同用量施入土壤中,与对照相比,苹果苗干径、总枝长、枝径、分枝数、叶面积均增加并达差异显著水平,说明菇渣堆肥能够释放养分供苹果苗生长,进而明显增加苹果苗地上生物量。菇渣堆肥不同施用量处理中,苹果苗干径增量分别是CK的1.77、2.13、2.47、2.46、2.42倍,SMC3、SMC4、SMC5之间差异不显著,但显著高于其它处理;菇渣堆肥施用量为50.0g/kg的处理对苹果苗枝条生长促进作用最好,总枝长比CK增加了47.26%,且与其它施用量处理差异显著;菇渣堆肥不同施用量对苹果苗枝径生长和枝条分枝情况影响不明显,均未达显著差异;随着菇渣堆肥施用量的增加,苹果苗单叶叶面积呈增大趋势,分别是CK的1.38、1.65、1.91、1.92、1.94倍,其中处理SMC3、SMC4、SMC5差异不显著,且显著大于SMC1、SMC2;SMC1、SMC2处理苹果苗单株叶面积差异不显著,分别比CK高49.33%和65.68%,SMC3、SMC4、SMC5处理苹果苗单株叶面积差异也不显著,分别比CK高101.17%、86.20%、85.33%,且前2个处理和后3个处理差异显著。菇渣堆肥中含有丰富的营养物质,施入土壤后供苹果苗生长,进而增加生物量,随着施用量增多生物量呈上升趋势,由于50.0、100.0、200.0g/kg施用量对苹果苗生长影响无显著差异,并考虑到菇渣堆肥用量问题,50.0g/kg施用量处理在提高苹果苗地上生物量的效果和经济方面优于其它处理。

表1 菇渣堆肥不同施用量对苹果苗生长的影响

Table 1 Effects of different spent mushroom compost contents on apple seedlings growth

处理 Treatment	原始干径 Original stem diameter/mm	干径 Stem diameter /mm	干径增量 Stem diameter increment/mm	总枝长 Total branches length/cm	枝径 Branch diameter /mm	分枝数 Branch number /个	单叶叶面积 Single leaf area/cm ²	植株叶面积 Leaf area of plant/cm ²
CK	9.12	12.37	3.25d	84.62c	3.86b	3b	18.39d	820.77c
SMC1	8.36	14.10	5.74c	106.60b	5.34a	5a	25.36c	1225.64b
SMC2	8.77	15.68	6.91b	109.73b	5.36a	5a	30.39b	1359.83b
SMC3	8.02	16.06	8.04a	124.61a	6.07a	6a	35.16a	1651.13a
SMC4	8.19	16.17	7.98a	110.53b	6.04a	6a	35.31a	1528.28a
SMC5	8.67	16.52	7.85a	110.17b	5.91a	5a	35.76a	1521.10a

注:同列不同字母分别表示在0.05水平下差异性显著,下同。

Note: Different letters in the same column mean significant difference at 0.05 level, the same below.

2.2 菇渣堆肥不同施用量对苹果叶片光合色素含量的影响

由图1可以看出,与CK相比,施入不同量菇渣堆肥后苹果叶片中光合色素含量均显著增加,这说明菇渣堆

肥可以促进叶片中光合色素的合成,从而增加光合色素含量。随着施用量的增加叶片中叶绿素a含量也增多,分别是CK的1.27、1.38、1.50、1.51、1.52倍,其中后3个处理未达差异显著水平;SMC3处理叶片中叶绿素b

含量最高,比CK高87.42%,SMC1处理叶片中叶绿素b含量最低,比CK高51.65%,SMC2、SMC4、SMC5处理之间差异不显著;不同施用量处理中SMC3的类胡萝卜素含量显著高于其它处理,施用菇渣堆肥其它4个处理差异不显著。各处理的叶绿素a/b分别为3.69、3.09、3.10、2.93、3.38、3.47,SMC1、SMC2、SMC3处理的叶绿素a/b均显著低于CK,而SMC4、SMC5处理与CK间差异不显著,叶绿素a/b高不利于叶片进行光合作用,适量菇渣堆肥施入土壤后可以有效降低叶绿素a/b,提高叶片光合速率。

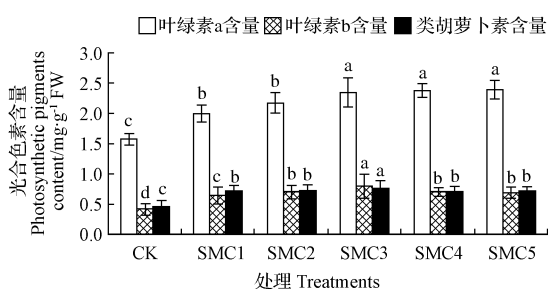


图1 菇渣堆肥不同施用量对苹果叶片光合色素含量的影响

Fig. 1 Effect of different spent mushroom compost contents on leaf photosynthetic pigments content of apple

表2

菇渣堆肥不同施用量对苹果根系形态及根鲜重的影响

Table 2 Effect of different spent mushroom compost contents on apple root morphology and fresh weight of apple

处理 Treatment	根系长度 Root length/m	根表面积 Root surface area/cm ²	根体积 Root volume /cm ³	根尖数 Root tip number/个	根直径 Root diameter/mm	根鲜重 Root fresh weight/g
CK	15.30e	395.22d	8.12d	6 956d	0.82a	22.19d
SMC1	32.17d	787.19c	15.89c	15 540c	0.81a	30.68c
SMC2	55.57c	1 287.09b	20.29bc	24 540b	0.91a	36.68bc
SMC3	86.58a	1 898.72a	31.65a	39 438a	0.90a	49.71a
SMC4	70.63b	1 483.17b	24.64b	29 201b	0.84a	41.49b
SMC5	64.63b	1 313.17b	22.05c	33 020b	0.81a	39.81b

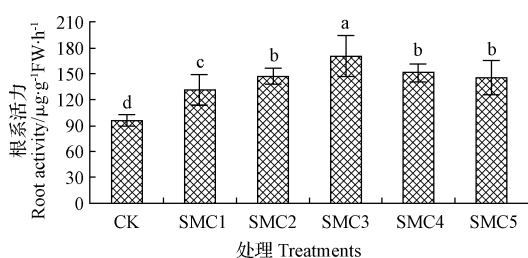


图2 菇渣堆肥不同施用量对苹果根系活力的影响

Fig. 2 Effect of different spent mushroom compost contents on root activity of apple

2.4 菇渣堆肥不同施用量对土壤持水量变化的影响

由图3可知,在1周内各处理土壤体积含水量均逐渐下降,且施用菇渣堆肥各处理的土壤体积含水量均显著高于CK;第1天,施肥各处理的土壤体积含水量分别

2.3 菇渣堆肥不同施用量对苹果根系生长的影响

2.3.1 菇渣堆肥不同施用量对根系形态的影响 由表2可以看出,施入菇渣堆肥后,不同施用量处理对苹果根系生长均有促进作用。SMC1、SMC2、SMC3、SMC4、SMC5处理中苹果根系长度、根表面积、根体积、根尖数和根鲜重均显著高于对照,随着施用量的增多,均呈先上升后下降的趋势,且在50.0 g/kg施用量时达最大值,其根系长度、根表面积、根体积、根尖数和根鲜重分别是CK的5.66、4.80、3.90、5.67、2.24倍。由此可以看出,SMC3处理对苹果苗根系生长的促进作用最为明显,故50.0 g/kg菇渣堆肥是最佳施用量。

2.3.2 菇渣堆肥不同施用量对根系活力的影响 从图2可以看出,与CK相比,不同量菇渣堆肥施入土壤后能够显著增强苹果根系活力。施用菇渣堆肥处理中50.0 g/kg施用量(SMC3)的根系活力最强,为170.34 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$,比CK增加了78.11%,其次是SMC2、SMC4、SMC5,分别比CK处理增加了53.50%、57.93%、51.91%,SMC1的根系活力最低,为131.27 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW} \cdot \text{h}^{-1}$,比CK处理增加了37.25%。由此看出,50.0 g/kg菇渣堆肥施用量是能够维持苹果根系较高活力的最有效施用量。

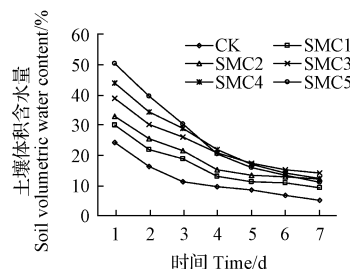


图3 菇渣堆肥不同施用量堆肥土壤持水量变化的影响

Fig. 3 Effect of different spent mushroom compost contents on the change of soil moisture capacity

为29.94%、32.90%、38.89%、43.91%、50.43%,分别是CK的1.24、1.36、1.61、1.81、2.08倍,且各处理间差异显著,大小依次为SMC5>SMC4>SMC3>SMC2>SMC1;第7天施用菇渣堆肥处理的土壤体积含水量分

别为 9.13%、12.17%、14.03%、12.20%、11.00%，分别是 CK 的 1.82、2.42、2.79、2.43、2.19 倍，其中 SMC3 处理含水量最高。由图 3 还可以看出，SMC5 处理第 1 天的土壤体积含水量最大，曲线趋势在 1 周内变化最为明显，在第 4 天其含水量低于 SMC3 处理，而 SMC4 处理的含水量在第 5 天低于 SMC3 处理；第 7 天 SMC3 处理的土壤体积含水量显著高于其它处理。由于菇渣堆肥容重小孔隙多，由此说明菇渣堆肥中持水孔隙多，吸水性强，可有效提高土壤含水量，但孔隙多也会导致水分散失较快，减弱保水效果，而 SMC3 处理中菇渣堆肥和土壤之间的孔隙相互调节和使得其吸水性和保水性均好于其它处理，所以，50.0 g/kg 施用量能够有效地维持较高土壤含水量，尤其在土壤含水量相对较低的时候保水效果更明显。

3 讨论与结论

菇渣堆肥中含有大量植物所需要的营养成分，施入土壤后，释放养分元素供作物生长，从而促进营养成分在植物体内积累。Jonathan 等^[12]试验研究表明，菇渣堆肥作为土壤改良剂施入土壤后，将养分释放到土壤中供蔬菜生长，增加蔬菜产量。该试验通过菇渣堆肥不同施用量对苹果苗生长的研究，施肥处理的苹果苗干径、总枝长、枝径、分枝数及叶面积分别比 CK 显著增加，随着施用量的增加，苹果苗地上生物量呈先上升后平稳的变化趋势（分枝数除外），在 50.0 g/kg 施用量时均达最大值。由此可以看出，菇渣堆肥中含有丰富的营养物质，经过微生物分解后，释放养分元素供苹果苗生长，但苹果苗根系吸收养分的能力有一定限制，高浓度反而会对养分吸收有一定抑制作用，使生物量有所降低，这与 Polat 等^[13]和刘志平等^[14]研究结果一致。综合来看，SMC3 处理对苹果苗生长的表现效果最好，这可以看出 50.0 g/kg 菇渣堆肥是有效积累苹果苗地上生物量最为经济实惠的施用量。

一些研究已表明，土壤中施用有机肥可明显增加根系的生物量。赵国栋等^[15]研究结果发现，在砂土 1/4 根域施用有机肥可以调控苹果幼树根系的生长发育。范伟国等^[16]研究也发现，施用有机肥后，有利于增加平邑甜茶幼树主根和侧根数量、长度及粗度等根形态，形成新的根系特征。Mullen 等^[17]研究结果发现，在砂质土壤中施用菇渣堆肥能够增加黑麦草根系质量以及体积密度，并能够有效保持土壤中含有较稳定水分。该研究结果表明，不同施用量菇渣堆肥均显著增加苹果根系长度、根表面积、根体积、根尖数、根鲜重和根系活力，随着施用的增加均呈先上升后下降的变化趋势。根系能否健康生长与土壤中孔隙多少以及比例息息相关，土壤孔

隙总是为水分和空气所占据，水分和空气在土壤中都是苹果生命活动必不可少的生态因子，但二者中任何一个因子过多或过少都对根系生长不利。菇渣堆肥容重小，孔隙度大，施入土壤后，明显增加土壤孔隙数量^[18]，并调节土壤中通气孔隙和持水孔隙的比例，使土壤中水、肥、气等因素发挥综合作用，为根系提供合适的生长环境，有效增强根系活力，诱导根系生长。施用菇渣堆肥各处理中 SMC3 的土壤孔隙度适中，并促使土壤中水、肥、气等因素发挥最大作用，因此，50.0 g/kg 菇渣堆肥施用量对苹果根系诱导生长以及根系活力表现效果最为明显。

熊小兴等^[18]施用菇渣有机肥进行小白菜小区试验，结果表明，菇渣有机肥有助于改善小白菜的生物学性状，促进小白菜生长，提高叶绿素含量。该试验结果发现，菇渣堆肥不同施用量可以显著增加叶片中叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和类胡萝卜素含量，其中 SMC3 处理的光合色素总量最大，与 SMC4、SMC5 处理的光合色素总量差异不显著。因此，50.00 g/kg 菇渣堆肥施用量能够有效增加光合色素，促进光合作用，增加生物量。

田波等^[19]研究结果表明，菇渣堆肥以不同方式施入土壤后能够改善土壤物理性状，有效增加土壤含水量。该试验通过 1 周内土壤水分变化情况来衡量土壤的持水能力，研究结果表明，施用菇渣堆肥后可显著增加土壤中水分含量，而且在前期土壤的含水量与菇渣堆肥施用量呈正相关，但到中后期施用 200.0、100.0 g/kg 菇渣堆肥的含水量低于 50.0 g/kg 的含水量。由于菇渣堆肥疏松多孔，持水孔隙也较多，所以能够吸收大量水分，但孔隙多也会导致水分蒸发，使得保水效果相对较差，而 50.0 g/kg 施用量合理调节孔隙比例，有较强的吸水性和保水性，尤其在缺水是时候保水效果更加明显，能够表现出较强土壤持水能力。

施用菇渣堆肥能够显著增加苹果苗地上生物量、光合色素、根系形态、根系活力以及土壤持水量，在一定范围内，与施用量呈正相关，超过范围后，随着施用量的增加而趋于平稳或下降。综合以上试验结果得出，并不是施用量越高越有利于苹果苗生长，50.0 g/kg 施用量不仅在苹果苗生长和土壤持水能力方面表现效果突出，而且在经济方面也较为实惠，并为在果园推广应用提供依据。

参考文献

- [1] 刁清清,毛碧增. 蘑菇渣处理现状及在农业生产上的应用[J]. 浙江农业科学, 2012(12):1710-1712.
- [2] 陈广银,王德汉,项钱彬. 蘑菇渣与落叶联合堆肥过程中养分变化的研究[J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(5):1347-1353.
- [3] Andrew S B, Anita M J. The recovery of lignocellulose-degrading enzymes from spent mushroom compost [J]. Bioresource Technology, 1995,

54;311-314.

[4] Williams B C, Mc Mullan J T, McCahey S. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock [J]. Bioresour Technol, 2001, 79(3): 227-230.

[5] 孙建华, 袁玲, 张翼. 利用食用菌菌渣生产有机肥料的研究[J]. 中国土壤与肥料, 2008(1): 52-54.

[6] 胡清秀, 卫智涛, 王洪媛. 双孢蘑菇菌渣堆肥及其肥效的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1902-1909.

[7] Giusquiani P L, Pagliai M, Gigliotti G, et al. Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical properties of soil[J]. Journal of Environmental Quality, 1995, 24: 175-182.

[8] Bacilio M, Vazquez P, Bashan Y. Alleviation of noxious effects of cattle ranch composts on wheat seed germination by inoculation with *Azospirillum* spp[J]. Biol Fertil Soils, 2003, 38: 261-266.

[9] Stamatiadis S, Werner M, Buchanan M. Field assessment of soil quality as affected by compost and fertilizer application in a broccoli field (San Benito County, California)[J]. Applied Soil Ecology, 1999, 12: 217-225.

[10] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[11] 杨文政. 果树生理研究技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1982.

[12] Jonathan S G, Lawal M M, Oyetunji O J. Effect of spent mushroom compost of *Pleurotus pulmonarius* on growth performance of four nigerian vegetables [J]. Mycobiology, 2011, 39(3): 164-169.

[13] Polat E, Uzun H B, Topçuoğlu B, et al. Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses[J]. African Journal of Biotechnology, 2009, 8(2): 176-180.

[14] 刘志平, 黄勤楼, 冯德庆, 等. 蘑菇渣对香蕉生长和土壤肥力的影响[J]. 江西农业学报, 2011, 23(7): 102-104.

[15] 赵国栋, 魏钦平, 张强, 等. 砂土 1/4 根域施用有机肥对苹果幼树生长的影响[J]. 果树学报, 2010, 27(2): 179-182.

[16] 范伟国, 杨洪强. 不同基质对平邑甜茶幼树生长、根系形态与营养吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4): 936-941.

[17] Mullen G J, McMahon C A. The effects of land spreading and soil incorporation of spent mushroom compost on County Monaghan grassland soils [J]. Irish Journal of Agricultural and Food Research, 2001, 40: 189-197.

[18] 熊小兴, 王飞, 李小毛, 等. 菇渣发酵有机肥在小白菜上的应用试验[J]. 江西农业学报, 2009, 21(7): 100-101.

[19] 田波, 时连辉, 王秀峰, 等. 菇渣堆肥对土壤及草坪生长的影响[J]. 中国草地学报, 2011, 33(5): 101-106.

Effect of Spent Mushroom Compost on Apple Seedlings Growth and Soil Water-holding Capacity

TONG Shao-wei^{1,2}, SHI Lian-hui^{1,2,3}, LIU Deng-min^{1,2}, HU Yu-tong^{1,2}, SUN Jie^{1,2}, WEI Mei-yan^{1,2}

(1. College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018; 2. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer, Tai'an, Shandong 271018; 3. National Research Center for Apple Engineering and Technology, Tai'an, Shandong 271018)

Abstract: With apple seedlings as test materials, the effects of spent mushroom compost about 0, 12.5, 25.0, 50.0, 100.0, 200.0 g/kg different contents on apple seedlings growth, photosynthetic pigment, root morphology and root activity were studied using pot experiment, and spent mushroom compost was applied in orchard production to provide the reference. The results showed that: compared to CK, spent mushroom compost with different contents could significantly promote apple seedlings above-ground biomass, and 50.0 g/kg spent mushroom compost could significantly enhance dry stem diameter, branch diameter, leaf area per leaf, leaf area per plant. Along with the applying of spent mushroom compost content increased, root morphology, root fresh weight and root activities were showed a trend of increased and then decreased. 50.0 g/kg spent mushroom compost was the best, and the root length, surface area, volume, number, activity were respectively 5.66, 4.80, 3.90, 5.67, 2.24, 1.78 times to CK. The soil moisture changes during one week, the soil water absorption and water retention obviously improved after using spent mushroom compost. The water retention of 50.0 g/kg spent mushroom compost was the best in the later, and soil moisture content was respectively increased by 178.93% compared to CK. 50.0 g/kg spent mushroom compost not only was good for the growth of apple seedlings and soil water-holding ability outstanding performance, but also it was relatively affordable on the economy. It would provide the basis for popularization and application in the orchard.

Key words: spent mushroom compost; apple seedlings; root; soil water-holding capacity; root morphology