

# 菇渣对土壤理化性质和生菜生长的影响

孙 杰<sup>1,2</sup>, 刘登民<sup>1,2</sup>, 时连辉<sup>1,2,3</sup>, 孙 辉<sup>1,2</sup>, 李苏翼<sup>1,2</sup>, 张婷婷<sup>1,2</sup>

(1. 山东农业大学 资源与环境学院, 山东 泰安 271000; 2. 土肥资源高效利用国家工程实验室, 山东 泰安 271000;

3. 国家苹果工程技术研究中心, 山东 泰安 271000)

**摘 要:**以发酵腐熟菇渣为原料,按不同体积配比施入土壤,进行生菜盆栽试验,探讨施用菇渣对土壤性质和生菜生长发育的影响。结果表明:施用菇渣后土壤的理化性状得到明显改善,土壤中的有机质、氮磷钾 3 元素的含量得到提高,以菇渣与土壤配比为 1:2 时生菜叶面积最大,菇渣与土壤配比为 1:1 时生菜产量最高。

**关键词:**菇渣;土壤;理化性质;生菜生长

**中图分类号:**S 606<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)14-0169-05

蘑菇渣简称菇渣,又叫菌糠、菌渣等,是指栽培各种食用菌后剩下的固体废物。生产中每 100 kg 培养料,收获 100 kg 鲜菇后,还可以得到 60 kg 菇渣废物。目前我国已成为世界上第一大食用菌生产国<sup>[1]</sup>,食用菌生产中在蘑菇采收后,每年都产生大量的废弃菇渣,这些菇渣废料既占地方,又污染环境<sup>[2]</sup>。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,是一种生物有机肥和土壤调理剂<sup>[3-4]</sup>,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,还能促进作物生长、增加植物生物量、提高作物产量和品质<sup>[5-7]</sup>。现以发酵腐熟菇渣为试验材料,研究了施用菇渣对土壤理化性状和生菜生长的影响,以期对食用菌废渣在土壤和生菜等叶菜类栽培中的推广应用提供理论根据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于山东农业大学南校区试验基地,海拔 150 m,属暖温带季风大陆性气候,年均气温 12.8℃,极端最高气温 40℃,极端最低气温 -22℃,年降水量 600~800 mm,降水多集于 7—8 月。

**第一作者简介:**孙杰(1988-),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:kagnest@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应用等研究工作。E-mail:liudm666@126.com.

**基金项目:**国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2014BAL04B05);泰安市科技计划专项资助项目(20123064)。

**收稿日期:**2015-03-15

### 1.2 试验材料

供试菇渣为已堆沤腐熟,由山东农业大学南校区堆肥基地提供。供试生菜种子,由中国海南省海口市清新种子商行生产。供试土壤为棕壤,采自山东农业大学资环学院试验站,其基本理化性状见表 1。

**表 1 供试土壤基本理化性状**

Table 1 Physical and chemical properties of soil

pH 值	容重	有机质	全氮	有效磷	有效钾
pH	Bulk	Organic	Total	Available	Available
value	density	matter	nitrogen	phosphorus	potassium
	/(g·cm <sup>-3</sup> )	/(g·kg <sup>-1</sup> )	/(g·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )
8.01	1.07	24.77	0.83	8.7	82.33

### 1.3 试验方法

试验采用容器栽培,栽培容器为 26 cm×21 cm 黑色塑料盆,设 6 个处理,5 次重复,共计 30 盆,试验方案见表 2。试验于 2014 年 3 月 20 日开始,至 5 月 26 日结束。试验先对供试土壤进行处理,清除石块、根系等物

**表 2 施用菇渣对土壤性质和生菜生长影响试验方案**

Table 2 Using mushroom residue to prepare artificial nutrition soil test scheme of lettuce

编号	代码	处理
No.	Code	Treatment
1	CK	土壤
2	WT1	1/4 菇渣+3/4 土壤
3	WT2	1/3 菇渣+2/3 土壤
4	WT3	1/2 菇渣+1/2 土壤
5	WT4	3/4 菇渣+1/4 土壤
6	WT5	菇渣

注:菇渣与土壤为体积比。

Note: The mushroom residue and soil volume ratio.

体后,过筛混匀。2014年4月1日按试验设计进行不同用量的菇渣与土壤混合,装盆,灌水造墒,4月5日播种,4月20日定植,每盆留3株。

#### 1.4 项目测定

试验期间定期浇水,测量生菜株高、茎粗、叶绿素含量、叶长、叶宽等生长指标,调查取样(土壤、生菜)。

1.4.1 菇渣养分含量测定 按照中华人民共和国农业行业标准 NY525-2011 进行。

1.4.2 pH、EC 值测定 按照基质和水 1:5(体积比)浸提 30 min,用 PC-700 电导仪测定<sup>[8]</sup>。

1.4.3 氮磷钾测定 全氮含量采用凯氏定氮法进行测定,有效磷含量采用分光光度计法进行测定,有效钾含量采用火焰光度计法测定。

1.4.4 生物量测定 叶面积采用网格法测定,叶绿素含量采用分光光度计法,地上部鲜重用称重法。叶面积、叶绿素在定植 7 d 后开始测量,7 d 调查 1 次,共调查 5 次,5 月 26 日进行最后 1 次调查,调查完成后进行采收,然后进行地上部鲜重的测定。

1.4.5 硝态氮测定 硝态氮含量采用水杨酸法测定。

#### 1.5 数据分析

采用单因素方差分析,取 6 个处理的平均值,利用 Excel 2007 和 SAS 8.0 软件,Duncan 法检验差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 施用菇渣对土壤理化性质的影响

2.1.1 菇渣不同用量对土壤容重的影响 由表 3 可知,施用菇渣的各处理其容重值都比 CK(土壤)明显降低,差异显著,随着菇渣施用量的增加,各处理的容重值呈递减趋势。在 4 月 28 日至 5 月 26 日的试验过程中,随着菇渣施用量的增加,各处理容重值的增大幅度较 CK 也呈递减趋势。表明在生菜的生长过程中,施用菇渣的处理土壤容重值更趋向于稳定,土壤空隙性、水气热等性质的稳定性也增加,为生菜中后期的生长提供了更协调的土壤条件。

表 3 菇渣不同用量对土壤容重的影响

Table 3 Different of proportions mushroom residue to prepare soil bulk density at different time

处理	日期 Date/月-日				
Treatment	04-28	05-05	05-12	05-19	05-26
CK	1.10a	1.12a	1.15a	1.21a	1.26a
WT1	0.94b	0.95b	0.96b	1.02b	1.07b
WT2	0.81c	0.82c	0.82c	0.83c	0.83c
WT3	0.68d	0.69d	0.71d	0.73d	0.74d
WT4	0.39e	0.41e	0.41e	0.43e	0.44e
WT5	0.21f	0.22f	0.23f	0.23f	0.25f

2.1.2 菇渣不同用量对土壤孔隙度的影响 由表 4 可知,试验中施用菇渣的所有处理的孔隙度都比 CK(土壤)明显增大,以 5 月 26 日生菜采收时为例,WT1、WT2、WT3 和 WT4 处理的孔隙度分别比 CK(土壤)处理的孔隙度提高了 9.09%、18.55%、26.11% 和 46.76%,各处理间差异显著。施用菇渣的同一处理随着栽培时间的后移,其孔隙度呈现递减趋势。结果表明施用菇渣对提高土壤孔隙度作用显著,为减缓水气矛盾和水气的协调创造了良好条件,在生菜生长过程中,孔隙度值更趋向于稳定。

表 4 菇渣不同用量对土壤孔隙度的影响

Table 4 Different of proportions mushroom residue to prepare soil porosity at different time

处理	日期 Date/月-日				
Treatment	04-28	05-05	05-12	05-19	05-26
CK	58.12a	58.09a	57.62a	56.99a	56.33a
WT1	63.47b	62.97b	62.34b	62.01b	61.45b
WT2	68.94c	68.42c	67.95c	67.34c	66.78c
WT3	72.53d	72.04d	71.83d	71.28d	71.04d
WT4	83.58e	83.13e	82.97e	82.71e	82.67e
WT5	87.62f	87.21f	86.73f	85.46f	84.28f

2.1.3 菇渣不同用量对土壤持水性的影响 由图 1 可知,施用菇渣的各处理在浇水后前 3 d(5 月 12—14 日)的持水量都明显高于 CK 处理,差异显著;5 月 15 日 WT1 与 CK 差异不显著,其它各处理与 CK 差异显著,16 日 WT4、WT5 处理与 CK 差异显著,17 日 WT4 与 CK 差异显著,5 月 18 日各处理与 CK 的持水量差异不显著,其中以 WT4 处理的持水性最好。结果表明,施用菇渣能明显增加土壤的持水性,这在需水较多的蔬菜栽培中减少浇水次数、提高水分利用率、节约水资源具有重要意义。

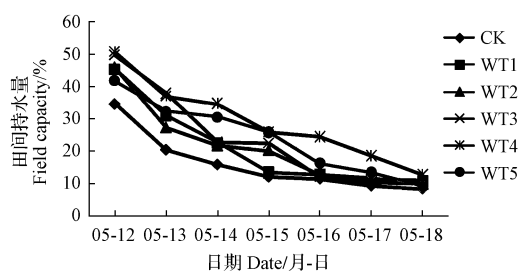


图 1 菇渣不同用量对 7 d 内持水量的影响

Fig. 1 Effect of different proportions of mushroom residue on field capacity in 7 days

2.1.4 菇渣不同用量对土壤 pH 值的影响 由图 2 可知,在生菜生长过程中,施用菇渣的各处理的 pH 值总的趋势是比 CK(土壤)升高的,各处理之间虽然有一些变化,但与 CK 比较差异还是比较明显的,表明使用一定量

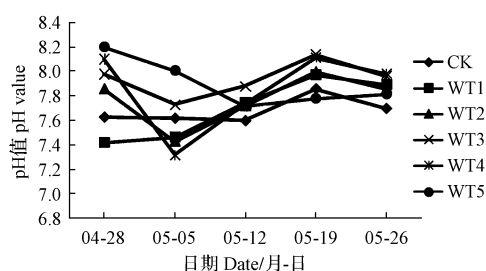


图2 菇渣不同用量对土壤 pH 值的影响

Fig. 2 Effect of different proportions of mushroom residue on soil pH value

的菇渣能提高土壤的 pH 值,具有调节土壤酸性的作用,应优先施用在酸性土壤上。

2.1.5 菇渣不同用量对土壤有机质含量的影响 由图 3 可知,各处理的有机质含量均比 CK(土壤)的有机质含量高,表明施用菇渣提高了土壤有机质的含量。由于有机质的测定是按照土壤样品处理要求先过了 1 mm 的筛,再过 0.25 mm 筛,菇渣在施入土壤的前期由于颗粒较大,过 1 mm 筛时被去掉了一部分,所以前期各处理的有机质含量增幅不大。随着时间的推移,20 d 后 WT3、WT4 处理呈明显升高趋势,达到最大值。WT5 处理由于是全菇渣,过筛后仍是菇渣腐烂后的有机成分,故其有机质含量明显较高。

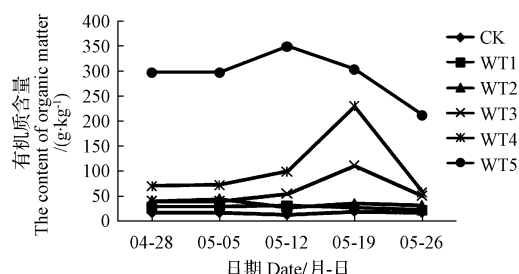


图3 菇渣不同用量对土壤有机质含量的影响

Fig. 3 Effect of different proportions of mushroom residue on soil organic matter content

2.1.6 菇渣不同用量对土壤全氮含量的影响 由图 4 可知,施用菇渣的各处理的全氮含量明显高于 CK(土壤),差异显著。各处理之间随着菇渣施用量的增加,其全氮含量也明显增加,同一处理中全氮的含量前后期变化不明显,比较稳定。表明施用菇渣后明显增加了土壤中的全氮含量,生菜生长过程中,特别是生长的中后期,能提供充足的氮元素。

2.1.7 菇渣不同用量对土壤有效磷含量的影响 由图 5 可知,试验中施用菇渣的各处理有效磷含量高于 CK(土壤),以 5 月 26 日调查为例,处理 WT1、WT2、WT3、

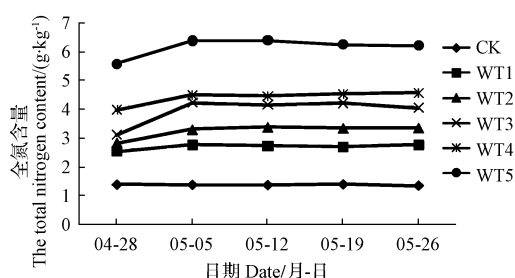


图4 菇渣不同用量对土壤全氮含量的影响

Fig. 4 Effect of different proportions of mushroom residue on soil total nitrogen content

WT4 有效磷含量分别是 CK 处理的 1.83、2.60、2.89、3.48 倍,各处理间差异明显。在试验的前期(5 月 5 日前)各处理中的有效磷含量比中后期含量低,分析其原因可能是生菜在苗期需磷相对较多,而此时时期菇渣中的磷素未能大量转化成有效态,中后期各处理的有效磷总体呈增加趋势。

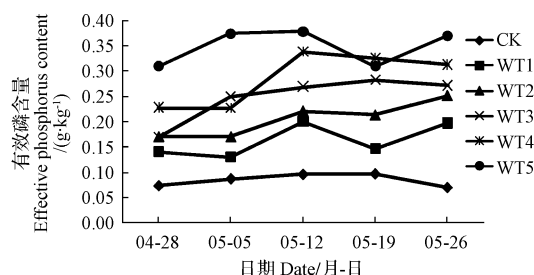


图5 菇渣不同用量对土壤有效磷含量的影响

Fig. 5 Effect of different proportions of mushroom residue on available soil phosphorus content

2.1.8 菇渣不同用量对土壤有效钾含量的影响 由图 6 可知,试验中施用菇渣的各处理的有效钾含量都高于 CK(土壤),除全菇渣处理外以 WT4 处理差异最明显,以 5 月 5 日调查为例,其 WT1、WT2、WT3 和 WT4 处理分别是 CK 有效钾含量的 9.83、10.43、16.18、34.37 倍。在生菜生长的前期(5 月 12 日前)各处理中的有效钾含量比中后期含量略高,与有效磷的变化规律呈相反趋势,分析其原因可能是生菜在苗期生长量偏小,需钾量相对较少些,随着生菜中后期生长量的增加对钾的吸收量增加所致。

## 2.2 施用菇渣对生菜生长的影响

2.2.1 菇渣不同用量对生菜株高的影响 由图 7 可知,在生菜生长前期各处理之间的差异不明显,在生菜生长的中后期(5 月 12 日以后),施用菇渣的各处理都明显高于对照 CK(土壤),且差异显著。施用菇渣的各处理之间,生菜的株高依次是 WT2>WT3>WT4>WT1>

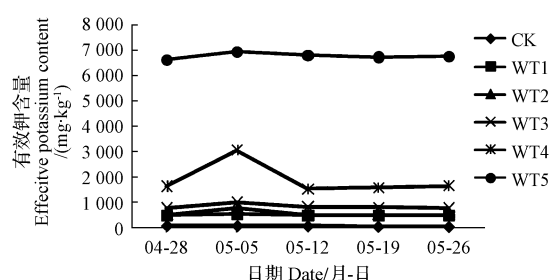


图6 菇渣不同用量对土壤有效钾含量的影响

Fig. 6 Effect of different proportions of mushroom residue on soil available potassium content

WT5。结果表明施用菇渣在一定程度上能提高生菜的高生长高度,适量的施用菇渣利于生菜的生长发育。

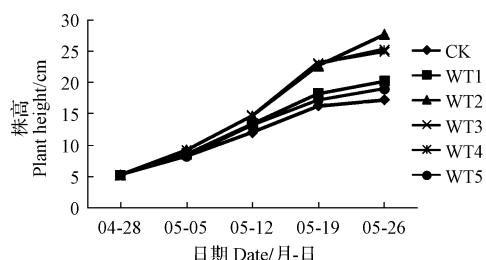


图7 菇渣不同用量对生菜株高的影响

Fig. 7 Effect of different proportions of mushroom residue on the plant height of lettuce

2.2.2 菇渣不同用量对生菜叶面积的影响 由图8可知,在5月5日之前,各处理的生菜叶面积差异不明显,5月5日后施用菇渣的各处理都明显高于对照CK(土壤),差异显著。施用菇渣的各处理之间,生菜的叶面积依次是 WT2、WT3 > WT4 > WT1、WT5,差异明显。结果表明施用菇渣能明显增加生菜的叶面积,促进生菜的生长,其中以 WT2、WT3 处理最好。

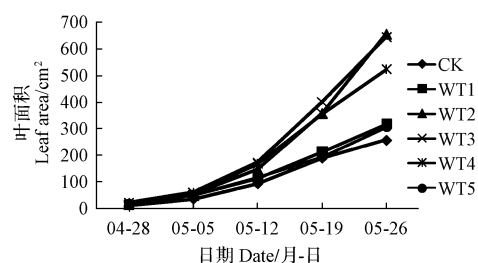


图8 菇渣不同用量对生菜叶面积的影响

Fig. 8 Effect of different proportions of mushroom residue on leaf area of lettuce

2.2.3 菇渣不同用量对生菜叶绿素含量的影响 由图9可知,4月28日各处理的叶绿素含量以CK(土壤)最高,施用菇渣的各处理叶绿素含量都低于对照,随着生

菜的生长,施用菇渣的各处理的叶绿素含量逐渐提高,均高于CK的含量,表明施用菇渣有利于提高生菜的叶绿素含量,增强光合作用,提高产量。施用菇渣的各处理之间,生菜的叶绿素含量以WT3、WT4最高。

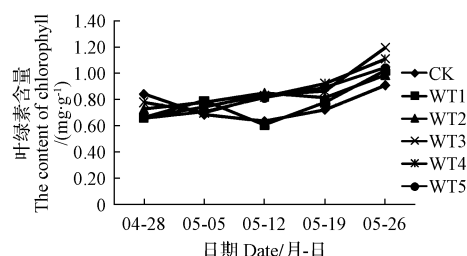


图9 菇渣不同用量对生菜叶绿素含量的影响

Fig. 9 Effect of different proportions of mushroom residue on chlorophyll content of lettuce

2.2.4 菇渣不同用量对生菜产量的影响 由图10可知,施用菇渣的各处理明显提高了生菜的产量,各处理分别比CK高出了86.82%、312.68%、411.66%、191.99%、55.61%。WT2、WT3、WT4处理与CK(土壤)之间差异显著,WT3处理的生菜的生长量最大。

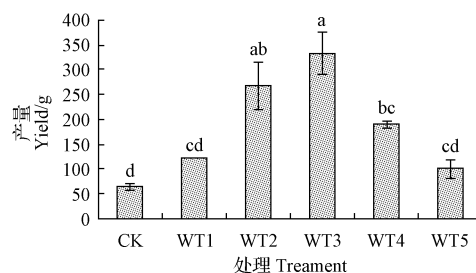


图10 菇渣不同用量对生菜产量的影响

Fig. 10 Effect of different proportions of mushroom residue on yield of lettuce

2.2.5 施用菇渣对生菜硝态氮含量的影响 由图11可知,试验中施用菇渣的各处理生菜叶片的硝态氮含量都明显低于CK(土壤)处理的生菜叶的硝态氮含量,差异

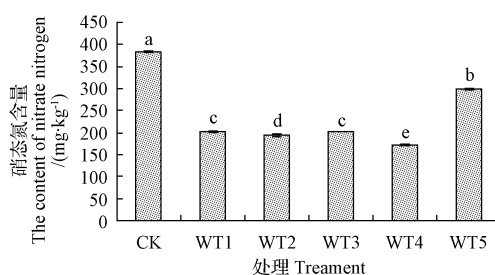


图11 菇渣不同用量对生菜硝态氮含量的影响

Fig. 11 Effect of different proportions of mushroom residue on nitrate content of lettuce



极显著,其中以 WT4 处理的确态氮含量最低,施用菇渣对生菜叶内硝态氮含量等生菜品质的影响有待进一步深入研究。

### 3 讨论与结论

田波等<sup>[9]</sup>研究表明,菇渣以不同方式施入土壤后能够改善土壤物理性状。该试验条件下,施用菇渣后降低了土壤容重值和提高了土壤的孔隙度与持水性,其中 WT1、WT2、WT3、WT4 处理的孔隙度分别比 CK(土壤)处理提高了 9.09%、18.55%、26.11%、46.76%,各处理间差异显著。

施用菇渣提高了土壤的 pH 值,增加有机质、全氮、有效磷、有效钾的含量,其中 WT1、WT2、WT3、WT4 处理的全氮量分别比 CK(土壤)处理提高了 1.05、1.49、2.00、2.39 倍,有效磷提高了 1.83、2.60、2.89、3.48 倍,有效钾提高了 9.83、10.43、16.18、34.37 倍。

施用菇渣有利于生菜的生长和改善其品质,试验中 WT1、WT2、WT3、WT4 处理生菜产量分别比 CK(土壤)处理提高了 86.82%、312.68%、411.66%、191.99%,差异显著,这与 JONATHAN 等<sup>[10]</sup>研究结果一致;生菜中的硝态氮含量较 CK 处理分别降低了 46.98%、49.08%、47.15%和 54.88%。该试验结果表明,菇渣与土壤配比 1:1,其理化性质、养分含量和对生菜生长的影响效果最佳。建议在盆栽或设施栽培条件下,菇渣与土壤配比以 1:2~1:1 的配比范围,配制人工营养土进行生菜栽培。

### 参考文献

- [1] 卫智涛,周国英,胡清秀,等.食用菌菌渣利用研究现状[J].中国食用菌,2010,29(5):3-6.
- [2] 汪群慧.固体废弃物处理及资源化[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] MEDINA E, PAREDES C, PÉREZ-MURCIA M D. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants[J]. Bioresource Technology, 2009, 18: 4227-4232.
- [9] 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.
- [10] JONATHAN S G, LAWAL M M, OYETUNJI O J. Effect of spent mushroom compost of *Pleurotus pulmomarius* on growth performance of four Nigerian vegetables[J]. Mycobiology, 2011, 39(3): 164-169.

## Effect of Spent Mushroom Compost on Physiacal and Chemical Properties of Soil and the Growth of Lettuce

SUN Jie<sup>1,2</sup>, LIU Dengmin<sup>1,2</sup>, SHI Lianhui<sup>1,2,3</sup>, SUN Hui<sup>1,2</sup>, LI Suyi<sup>1,2</sup>, ZHANG Tingting<sup>1,2</sup>

(1. College of Resource and Environment, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000; 2. National Engineering Laboratory for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer, Tai'an, Shandong 271000; 3. National Research Center for Apple Engineering and Technology, Tai'an, Shandong 271000)

**Abstract:** With fermentative mushroom residue good as raw material, according to the different volume ratio were applied into soil, lettuce pot test, to investigate the effect of application of mushroom residue on growth and development of soil properties and lettuce. The results showed that after the application of mushroom residue, soil physical and chemical properties was improved obviously, soil organic matter, nitrogen phosphorus and potassium content of three elements was improved, when mushroom residue and soil ratio was 1:2, area of the lettuce leaves was the largest, when mushroom residue and soil ratio was 1:1, yield of lettuce was the highest.

**Keywords:** mushroom residue; soil; physical and chemical properties; lettuce growth