

蔬菜废物高温堆肥作为黄瓜育苗基质的生物毒性评估

杜鹏祥, 龚建英, 韩雪, 常瑞雪, 李彦明

(中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193)

摘要:以单添传统基质草炭为对照, 分别添加体积比为 5%、10%、20%、40%、60% 的蔬菜废物堆肥部分替代草炭, 通过对黄瓜种子的发芽率、幼苗死亡率以及幼苗生长的营养指标(包括株高、茎粗、叶面积、根长、生物量、叶绿素含量和壮苗指数)进行综合评估, 得到最佳的替代比例。结果表明:蔬菜废物堆肥添加比例为 20% 替代效果最好;蔬菜废物堆肥添加比例大于 20%, 黄瓜种子发芽率降低, 对黄瓜幼苗的生长有一定的抑制作用, 并在育苗后期出现一定程度的死苗现象。

关键词:蔬菜废物;堆肥;育苗基质

中图分类号:S 642.204⁺.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)24-0168-05

近年来,随着我国蔬菜种植面积和产量持续增加,蔬菜废弃物呈逐年增加趋势。据中国农业统计年鉴显示,2012 年我国蔬菜种植面积达 2 033 万 hm²,年总产量为 7.02 亿 t^[1]。2005 年我国蔬菜废弃物年产量达 1 亿 t,蔬

菜藤蔓及残余物达 7 648.33 万 t,占全国秸秆总产量的 9.09%,仅次于水稻、玉米和小麦,成为我国第四大农作物废弃物^[2-3]。在我国,70%的蔬菜废物主要通过随意堆积、焚烧或以生活垃圾填埋等方式处理,传统粗放的处理方式已经造成严重的环境污染和资源浪费,然而经过高温好氧堆肥是目前实现蔬菜废物无害化和养分循环再利用的最有效途径之一^[4-6]。并且蔬菜废物堆肥不仅营养全面,还可促进作物生长,改善农产品品质,消除土壤有害物质的残留以及抑制土壤病原菌的滋生,而且堆肥容重、总孔隙度、持水空隙和通气空隙等都可达到理想基质的要求,是原位可再生并且无污染的新型环保型基质材料^[7-9]。

第一作者简介:杜鹏祥(1991-),男,甘肃白银人,硕士研究生,现主要从事固体废弃物资源化处理等研究工作。E-mail:1328223866@qq.com.

责任作者:李彦明(1976-),男,副教授,硕士生导师,现主要从事固体废弃物资源化处理等研究工作。E-mail:liym@cau.edu.cn.

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303079)。

收稿日期:2014-09-26

Effect of Different N Level on the Cucumber Yield and Quality in Substrate Culture

FENG Jing, LUO Hong-yi, LIU Rui-ping, QU Bao-long

(College of Environment and Resources, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271000)

Abstract: Taking cucumber as material. The growth, yield and quality of cucumber grown under the cultivation mode of Matrix-nutrient solution by changing the concentration of N in nutrient solution and the EC value of nutrient solution while the concentrations of the other nutrients remains unchanged. The results showed that parameters related to the growth of cucumber were the highest when the plants were grown at -20% N treatments, which were significantly higher than that of the plants grown at the other treatments, and the changes of yield per plant and quality of cucumber fruits follows the same trend. In the second stage of the research, four different concentration gradients of nutrient solution treatment were designed based on the results of the first stage of the experiment (expressed as EC, mS/cm). Both of parameters related to the growth of cucumber plants and the quality of cucumber fruits were the highest for the plants grown at EC 3.5 mS/cm.

Keywords: soilless culture; substrate culture; nutrient solution; cucumber

但是堆肥中普遍存在 EC 值和 pH 值较高等问题,蔬菜废物堆肥不能单独作为育苗基质,尤其未完全腐熟的堆肥^[10-11]。研究表明,蔬菜废物堆肥施入量较小,对幼苗生长产生毒害作用较弱,但是过量会抑制幼苗的生长,增加幼苗患病几率^[8]。目前,国内外对蔬菜废物堆肥替代草炭作为育苗基质研究甚少,该研究旨在探究添加蔬菜废物堆肥对黄瓜幼苗产生的生物效应,为替代草炭作为基质材料的可行性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜品种为“新四号”;草炭、蛭石购自北京市西苑市场。试验所用的堆肥原料为辣椒秆、玉米秸秆和鸡粪,分别取自河北省石家庄市藁城蔬菜基地,将辣椒秧和玉米秸秆用铡草机粉碎至 2 cm 左右,辣椒秧和玉米秸秆以干重比 1:1 混合,再添加 30% 鸡粪好氧堆置 35 d,堆肥 55℃ 以上持续时间 23 d,最高温 74.3℃。晒干粉碎后作为基质原料(以 VC 表示)。

表 1 蔬菜废物堆肥的理化性状

Table 1 The physical and chemical properties of vegetable residue compost

| 指标 Index | pH 值 pH value | EC 值 EC value/(mS·cm ⁻¹) | 有机质 /% | C/N | 发芽率指数 Germination rate index |
|-------------|------------------|---|-----------|------|---------------------------------|
| 堆肥原料 | 8.41 | 3.68 | 45.1 | 13.1 | 71.8 |

1.2 试验方法

不同物料混合后的基质育苗试验在中国农业大学西校区温室中进行,共设 5 个处理,分别为 VC5(草炭+5%VC)、VC10(草炭+10%VC)、VC20(草炭+20%VC)、VC40(草炭+40%VC)、VC60(草炭+60%VC),以单纯草炭为对照(CK)。将试验原料按照各处理设计的体积比混匀后装入 50 孔穴盘中,浇水湿润。黄瓜种子浸泡 6 h 后播种,并用少量蛭石覆盖。育苗 26 d 后收获。

1.3 项目测定

自播种后第 5~10 天,每天记录各处理出芽数。分别在第 10、15、21 天从各处理中选取 5 株黄瓜幼苗,测量株高、茎粗、地上部鲜重;自第 26 天每处理取 10 株黄瓜幼苗测定株高、茎粗、最大根长、叶片长、叶片宽以及地上、下部分鲜重和叶绿素含量。株高、叶片长、叶片宽、根长用直尺测量,株高起点自茎底部,终点到心叶叶尖;叶片长起点最大叶片底部,终点到最大叶片顶端;叶片宽为最大叶片的最大叶宽;根长为最长根长;茎粗用游标卡尺测量,均取子叶下端位置;叶绿素用 SPAD 502 叶绿素仪测定;地上、下部分鲜重用精确度为 0.001 g 的电子

天平称量;地上、下部分干重分别在 70℃ 烘干 48 h 后用精确度为 0.001 g 的电子天平称量。黄瓜叶片面积=叶片长×叶片宽×0.7430^[12];壮苗指数=[茎粗(mm)/株高(cm)]×植株干重(g)×10^[13]。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel、SAS 软件统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同蔬菜废物堆肥(VC)对黄瓜种子发芽率的影响

种子发芽率一般作为基质无机盐离子毒性的检测指标,基质中高盐分可以通过渗透效应和毒性效应影响种子的发芽^[14]。由图 1 可知,在播种后 5~10 d,各处理的发芽率随试验天数增加而逐渐增加,并且 CK 处理的发芽率及发芽速率均优于添加 VC 处理。第 5 天,CK、VC5、VC10 处理的发芽率均达到 70% 以上,其它处理均小于 50%。各处理发芽率达到 90% 的顺序为 VC5>VC10>VC20,分别在第 6、8、9 天,而 VC40、VC60 处理在第 10 天发芽率仍小于 90%。表明添加 VC 会降低种子的发芽率,减缓种子的萌发速率,并且随 VC 添加量增大,对种子萌发的影响越大,这与以往研究结果一致^[15-18]。

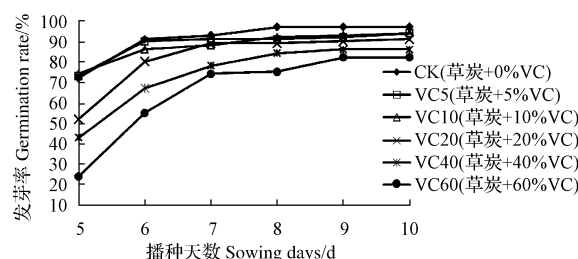


图 1 不同蔬菜废物堆肥对黄瓜种子发芽率的影响

Fig. 1 Effect of different quantiles of compost on germination rate of cucumber seeds

2.2 不同蔬菜废物堆肥对黄瓜幼苗生长性状的影响

2.2.1 叶绿素含量 幼苗叶片叶绿素含量在一定程度上反映了光合作用的强弱,是衡量环境胁迫对植物影响的重要指标^[19-20]。由图 2 可知,在第 26 天,CK 处理的幼苗叶片叶绿素含量均高于添加 VC 的处理。在添加 VC 的处理中,VC10 处理黄瓜幼苗叶片叶绿素含量最高,VC20 处理次之,VC5 处理其次,且与 CK 处理之间差异不显著。VC40、VC60 处理叶绿素含量显著低于其它处理,但二者之间差异不显著。表明添加 VC 会降低幼苗叶绿素含量,添加比例小于 20% 时影响较小,大于 40% 会明显降低幼苗叶片的叶绿素含量,影响幼苗的正常生长。

2.2.2 株高、茎粗、叶面积 幼苗通过光合作用积累干

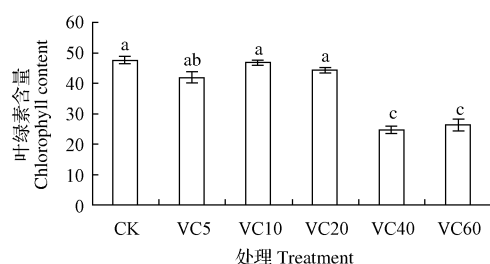


图2 不同蔬菜废物堆肥添加比例对黄瓜幼苗叶绿素含量的影响

Fig. 2 Effect of different quantities of compost on chlorophyll content of cucumber seedlings

物质全集中于株高、茎粗和叶面积的变化上^[21]。由表2可知,在第26天,添加VC处理的株高均优于CK处理,并随添加量增加呈下降趋势。播种后第10天,VC5、VC10、VC20处理的株高与CK处理之间差异不显著,VC40、VC60处理明显低于CK处理。随着试验天数的增加,VC5、VC10、VC20处理之间株高的差异逐渐增大,第26天达到差异显著水平。VC40、VC60处理中幼苗生长比较缓慢,在第21天与CK处理的差异仍不显著,但是在第26天,VC40处理与CK处理差异达显著水平。表明草炭中添加VC可以促进黄瓜幼苗的生长,但促进作用随着堆肥的增加而减弱。在黄瓜幼苗整个生长期中,VC5、VC10处理中茎粗均高于CK处理。VC20处理在第21天前与CK处理差异不显著,但是在第26天明显高于CK处理。VC40、VC60处理在试验周期内均小于CK处理。表明基质中VC添加比例在20%以下时会明显促进茎粗的生长,尤其在10%时最为明显,VC添加比例大于40%会显著抑制幼苗茎粗的生长,并且添加比例越大抑制作用越明显。第26天,除VC60处理外,添加VC处理的黄瓜幼苗最大叶片叶面积均显著优于CK处理。VC5、VC10、VC20处理间差异不显著,但均显著优于VC40处理。表明添加VC比例在40%以下时会促进

表2 不同VC添加比例对黄瓜幼苗株高、茎粗、叶片长和宽的影响

Table 2 Effect of different quantities of compost on plant height, stem diameter, blade length and width of cucumber seedlings

| 天数 Days/d | 处理 Treatment | CK | VC5 | VC10 | VC20 | VC40 | VC60 |
|--------------|---------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 株高/cm | 2.98a | 3.04a | 3.10a | 2.90a | 2.26b | 2.34b |
| 21 | 株高/cm | 3.80c | 8.24ab | 9.22a | 6.74b | 4.92c | 3.58c |
| 26 | 株高/cm | 5.22e | 11.33a | 9.97b | 8.05c | 6.74cd | 5.46de |
| 15 | 茎粗/mm | 1.84abc | 1.93a | 1.87ab | 1.70bc | 1.66cd | 1.51d |
| 21 | 茎粗/mm | 2.53b | 2.74ab | 2.96a | 2.53b | 2.21c | 2.13c |
| 26 | 茎粗/mm | 2.92c | 3.19ab | 3.25a | 3.04bc | 2.72d | 2.37e |
| 26 | 叶面积/cm ² | 13.53c | 27.48a | 27.85a | 26.61a | 18.79b | 11.86c |

注:不同字母表示差异显著。

Note: The different lowercase letters show significant difference.

黄瓜幼苗叶片的生长,大于60%时会抑制黄瓜幼苗叶片的生长。

2.2.3 根长 根长对环境毒性反应敏感程度极高,栽培基质的性质和营养状况直接影响到植物根系的生长发育^[22]。由图3可知,黄瓜幼苗根长随VC添加比例增加呈逐渐降低的变化趋势。表明添加VC会抑制幼苗根的生长,添加比例越大,抑制作用越明显。

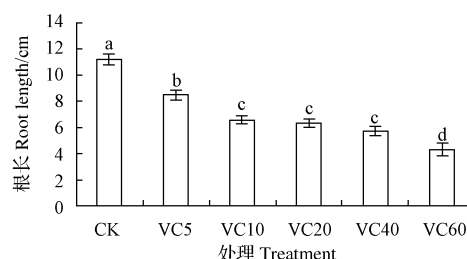


图3 不同VC添加比例对黄瓜幼苗根长的影响

Fig. 3 Effect of different quantities of compost on root length of cucumber seedlings

2.3 不同蔬菜废物堆肥对生物量的影响

由图4可知,在第26天,各处理中黄瓜幼苗的地上部鲜重和地下部鲜重均随VC添加比例增加呈先上升后下降趋势。VC5、VC10、VC20处理地上部鲜重明显高于CK处理,但是VC40、VC60处理与CK处理的差异性不显著。VC5、VC10处理地下部鲜重也明显高于CK处理,但是VC20、VC40、VC60处理与CK处理差异性不显著。并且,地下部鲜重随VC添加的增加,呈明显的下降趋势。表明VC的增加可以促进黄瓜幼苗生物量的累积,添加比例小于20%为好,添加比例大于40%不利于幼苗对生物量的累积。

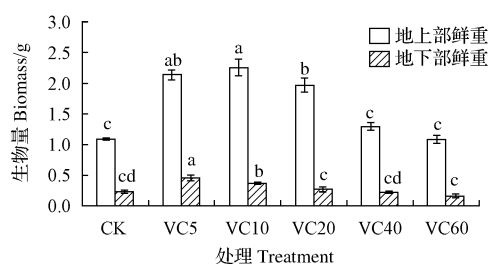


图4 不同VC添加比例对黄瓜幼苗生物量的影响

Fig. 4 Effect of different quantities of compost on biomass of cucumber seedlings

2.4 不同蔬菜废物堆肥对壮苗指数的影响

壮苗指数与作物前期产量呈显著的正相关,对前期产量有较高的预测性^[23]。由图5可知,堆肥用量在20%以下时,VC5、VC10、VC20处理及CK处理之间壮苗指数差异不显著,VC40、VC60处理明显低于CK处理。表

明 VC 添加比例小于 20% 对幼苗壮苗指数影响较少, 并随着 VC 添加比例增加呈增加趋势, 幼苗生长状况良好, VC 添加比例在 40% 以上会明显抑制幼苗的生长。

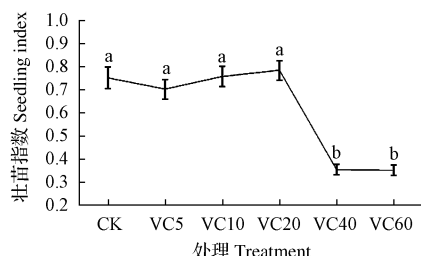
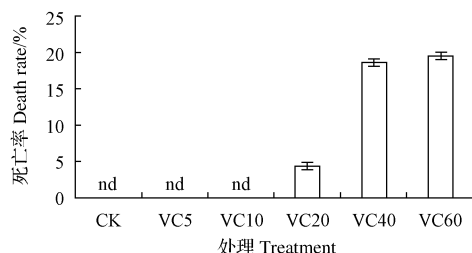


图 5 不同 VC 添加比例对黄瓜幼苗壮苗指数的影响

Fig. 5 Effect of different quantities of compost on seedling index of cucumber seedlings

2.5 不同蔬菜废物堆肥对幼苗死亡率的影响

在第 26 天, CK、VC5、VC10 处理未出现死苗, 但是 VC20、VC40、VC60 处理均出现不同程度的死苗现象(分别为 4.4%、18.6%、19.51%), 并且随 VC 添加比例增加, 死亡率越高。初步判断, 黄瓜幼苗死亡主要是由于黄瓜猝倒病引起的。表明在相同的栽培环境条件下, VC 添加比例越大, 黄瓜幼苗的抗病能力越弱。



注: nd 表示未检出。

Note: nd means undetected.

图 6 不同堆肥用量对黄瓜幼苗死亡率的影响

Fig. 6 Effect of different quantities of compost on mortality of cucumber seedlings

3 讨论

该研究结果表明, 在草炭中添加一定比例的蔬菜废物堆肥可以促进黄瓜幼苗株高、茎粗、叶面积、生物量等指标的生长发育, 但是在一定程度上会抑制黄瓜发芽、降低叶片叶绿素含量、增加幼苗患病率。研究表明, 堆肥中 EC 值和 pH 值对幼苗生长发育影响很大^[10-11]。无土栽培基质最适宜的 EC 值和 pH 值分别为 0.75~1.99 mS/cm 和 5.2~6.3^[10,24]。该试验所选用蔬菜废物堆肥的 EC 值和 pH 值分别为 3.68 mS/cm 和 8.41, 育苗基质中添加比例过高会发生盐害影响幼苗正常发育, 该试验研究结果表明, VC 添加比例大于 20% 时影响发芽

率, 不利于幼苗生长发育, 并且死亡率明显升高。

有研究表明, 蔬菜废物堆肥中存在未完全降解的小分子有机酸等物质也会影响幼苗生长发育。该研究结果表明, 随着 VC 添加比例增大, 对黄瓜幼苗生长的影响越大, 并在试验后期, VC 添加比例大于 20% 会出现死苗现象。已有研究发现, 堆肥中具有良好的生物防治效果^[25-27]。由表 1 可知, 该试验所选用的 VC 经过持续高温发酵处理, 足以消灭蔬菜废物所携带的病原微生物, 并且 VC 小于 20% 未出现死苗等现象, 表明该试验中黄瓜幼苗出现病害并非由环境因素导致的。一般认为堆肥的发芽率指数大于 50% 即达到植物可承受的范围, 可作为育苗基质主要成分^[10,28]。但是堆肥的发芽率指数 $\geq 85\%$ 则认为完全腐熟^[29]。堆肥腐熟不完全, 一些小分子有机酸等植物毒素不能完全降解, 蔬菜废物添加比例过大会抑制种子的萌发和幼苗的生长^[9,30]。Carmona 等^[31] 总结以往研究得出, 蔬菜废物中单宁酸和多酚类等未完全降解会影响种子的萌发。该试验所选用的蔬菜废物堆肥发芽率指数为 71.8%, 并未完全腐熟, 并且随着添加比例增加, 对幼苗的发芽率、幼苗的生长影响越大。表明未腐熟的堆肥可以降低幼苗的抗病能力, 随着未腐熟堆肥添加比例越大, 幼苗患病率越大。

目前, 对于蔬菜废物堆肥高 pH 值和 EC 值可以通过酸洗等措施进行无害化处理^[32]。但是, 国内外对于堆肥腐熟程度对幼苗生长的影响还没有进行深入研究, 不同理化性状和腐熟程度的 VC 作为替代草炭作为育苗基质的主要成分对幼苗生长的影响需要进一步研究。

参考文献

- [1] 中国农业年鉴编写委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [2] 孙永明, 李国学, 张夫道, 等. 中国农业废弃物资源化现状及发展战略[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 169-172.
- [3] 毕于运, 王亚静, 高春雨, 等. 中国主要秸秆资源数量及区域分布[J]. 农机化研究, 2010(3): 1-7.
- [4] 龚建英, 田锁霞, 王智中, 等. 微生物菌剂和鸡粪对蔬菜废弃物堆肥化处理的影响[J]. 环境工程学报, 2012, 6(8): 2813-2817.
- [5] 张珍, 陆建忠, 姚愚, 等. 蔬菜废弃物肥料效应研究初探[J]. 上海蔬菜, 2010(5): 71-72.
- [6] 飞兴文, 王家春, 陈桂芬, 等. 蔬菜废弃物取代化学肥料研究[J]. 农业科技通讯, 2013(9): 92-94.
- [7] 李光义, 李勤奋, 张晶元. 木薯茎秆基质化的堆肥工艺及评价[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 320-325.
- [8] 刘安辉, 李吉进, 孙钦平, 等. 蔬菜废弃物沤肥在油菜上应用的产量、品质及氮素效应[J]. 中国农学通报, 2011, 27(10): 224-229.
- [9] 李剑, 李玉奇, 王涛, 等. 蔬菜废弃物, 稻草与猪牛粪不同配比厌氧堆肥研究[J]. 上海交通大学学报(农业科学版), 2011, 29(1): 54-57.
- [10] Mazuela P, Salas M C, Urrestarazu M. Vegetable waste compost as sub-

strate for melon[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 2005, 36(11-12):1557-1572.

[11] Spiers T M, Fietje G. Green waste compost as a component in soilless growing media[J]. Compost Science and Utilization, 2000, 8(1):19-23.

[12] 裴孝伯,李世诚,张福嫔,等. 温室黄瓜叶面积计算及其与株高的相关性研究[J]. 中国农学通报, 2006, 21(8):80-82.

[13] 郭敬华,董灵迪,石琳琪,等. 番茄穴盘育苗低成本无土基质筛选的研究[J]. 河北农业科学, 2012, 15(8):33-36.

[14] 龚小强. 园林绿化废弃物堆肥产品改良及用作花卉栽培代用基质研究[D]. 北京:北京林业大学, 2013.

[15] Vavrina C S, Ozores-Hampton M, Armbruster K, et al. Spent mushroom compost and biological amendments as an alternative to soilless media[M]. Southwest Florida Research and Education Center, 1996.

[16] Roe N E, Stoffella P J, Graetz D. Composts from various municipal solid waste feedstocks affect vegetable crops. I. Emergence and seedling growth[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1997, 122(3):427-432.

[17] Castillo J E, Herrera F, López-Bellido R J, et al. Municipal solid waste (MSW) compost as a tomato transplant medium[J]. Compost Science and Utilization, 2004, 12(1):86-92.

[18] Herrera F, Castillo J E, Lopez-Bellido R J, et al. Replacement of a peat-lite medium with municipal solid waste compost for growing melon (*Cucumis melo* L.) transplant seedlings[J]. Compost Science and Utilization, 2009, 17(1):31-39.

[19] 尚小娟,王静,多立安. 堆肥基质驯化的高羊茅对盐胁迫的生理生态响应[J]. 草原与草坪, 2011, 31(1):28-32.

[20] 李晓强. 有机基质菇渣在现代化大型温室蔬菜无土栽培中的应用研究[D]. 南京:南京农业大学, 2006.

[21] 张西平,赵胜利,张旭东,等. 不同灌水处理对温室黄瓜形态及光合作用指标的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(6):622-625.

[22] 徐钰,刘兆辉,江而平,等. 3种铜制剂对作物种子的生态毒性效应[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10):2010-2016.

[23] 赵庚义,车力华,孟淑娥. 茄果类蔬菜前期产量与秧苗质量关系的研究[J]. 园艺学报, 1992, 19(2):157-160.

[24] Abad M, Noguera P, Burés S. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production: case study in Spain[J]. Bioresource Technology, 2001, 77(2):197-200.

[25] Lewis J A, Lumsden R D, Millner P D, et al. Suppression of damping-off of peas and cotton in the field with composted sewage sludge[J]. Crop Protection, 1992, 11(3):260-266.

[26] 袁飞,彭宇,张春兰,等. 有机物料减轻设施连作黄瓜苗期病害的微生物效应[J]. 应用生态学报, 2004, 15(5):867-870.

[27] Mehta C M, Palni U, Franke-Whittle I H, et al. Compost: Its role, mechanism and impact on reducing soil-borne plant diseases[J]. Waste Management, 2014, 34(3):607-622.

[28] Zucconi F, Monaco A, Debertoldi M. Biological evaluation of compost maturity[J]. Biocycle, 1981, 22(4):27-29.

[29] 张亚宁. 堆肥腐熟度快速测定指标和方法的建立[D]. 北京:中国农业大学, 2004.

[30] 王林权,周春菊,王俊儒,等. 粪肥堆腐过程中有机酸的变化[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(4):430-435.

[31] Carmona E, Moreno M T, Avilés M, et al. Use of grape marc compost as substrate for vegetable seedlings[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 137:69-74.

[32] Mazuela P, Urrestarazu M. The effect of amendment of vegetable waste compost used as substrate in soilless culture on yield and quality of melon crops[J]. Compost Science and Utilization, 2009, 17(2):103-107.

Biotoxicity Assessment of Vegetable Waste Compost as Peat Substitutes Soilless Growing Media for Cucumber Seedling

DU Peng-xiang, GONG Jian-ying, HAN Xue, CHANG Rui-xue, LI Yan-ming

(College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193)

Abstract: The potential value of vegetable waste compost (VC) used as alternatives to peatmoss for growing medium component were studied. A commercial peatmoss used as control treatment, and five VC + peatmoss mixtures were included: VC5 (peatmoss + 5% VC), VC10 (peatmoss + 10% VC), VC20 (peatmoss + 20% VC), VC40 (peatmoss + 40% VC), VC60 (peatmoss + 60% VC). To get the optimum mixture proportion, the seedling emergence and vegetative parameters (including seedling height, length and width of the most developed leaf, length of roots, biomass, stem diameter, chlorophyll content and death rate) were measured. The results showed that substrate adding VC 20% showed the best performance; substrate adding more than 20% of VC could reduce cucumber seedling emergence and hinder the growth of cucumber seedlings, and the death seedling was appear in later stage.

Keywords: vegetable residue; composting; growing media