

网络出版时间:2016-12-26 11:04

DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2017.02.017

网络出版地址:http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20161226.1104.034.html

堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗生长及养分吸收的影响

李 惠,李建明,丁 明,蔡东升,
樊翔宇,张 鑫,孔 政

(西北农林科技大学 园艺学院/农业部西北设施园艺工程重点实验室,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 【目的】研究不同类型堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗生长和营养元素吸收分配的影响,以期堆肥浸提液的应用提供一定的理论依据。【方法】以腐熟的牛粪、猪粪、菇渣+牛粪、菇渣+鸡粪为原料,用清水浸提 72 h 后,获得不同堆肥浸提原液。以 1/2 倍日本园试营养液(全氮质量浓度为 121.00 mg/L)为对照,以堆肥浸提原液中的全氮质量浓度为标准,进行不同倍数的稀释使其全氮质量浓度接近于对照。试验设 4 个堆肥浸提液处理,分别为 T1, 3/4 倍牛粪浸提原液(全氮质量浓度为 122.25 mg/L);T2, 3/4 倍菇渣+鸡粪浸提原液(全氮质量浓度为 135.90 mg/L);T3, 3/4 倍菇渣+牛粪浸提原液(全氮质量浓度为 125.78 mg/L);T4, 1/3 倍猪粪浸提原液(全氮质量浓度为 117.75 mg/L)。测定各堆肥浸提液的理化性质,并研究其对番茄、黄瓜种苗生长的影响及氮、磷、钾在植株内的分配。【结果】各堆肥浸提液均呈弱碱性,且 pH 均显著高于 CK。不同堆肥浸提液的电导率及全氮、全磷、全钾、铜、锌、铁、锰质量浓度均存在显著差异。T4 处理的番茄和黄瓜种苗株高、茎粗最大,明显高于其余处理。番茄与黄瓜种苗地上部干质量、地下部干质量及壮苗指数均以 T4 处理最大,其次是 CK,且二者之间差异不显著。对于番茄种苗而言,T4 处理的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、气孔导度(G_s)、叶片净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)最高;对于黄瓜种苗而言,叶片光合特性的变化与番茄种苗基本一致,T4 处理的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、 P_n 、 G_s 、 T_r 最大,但与 CK 差异不显著。与其他处理相比,T4 处理番茄和黄瓜种苗的根、茎、叶中氮元素含量及植株总氮元素含量均最高。茎、叶中磷元素含量在番茄和黄瓜种苗中均以 T4 处理最高,但种苗总磷含量番茄以 T4 处理下最高,黄瓜以 CK 处理下最高。不同浸提液处理番茄和黄瓜各器官的钾元素分配率总体无显著差异。【结论】1/3 倍猪粪浸提液处理番茄、黄瓜种苗的形态特征及光合特性均显著优于其他处理,能显著增加种苗的全氮、全磷含量,有利于番茄、黄瓜种苗的生长,可以作为优质的液体有机肥应用于种苗生产。

[关键词] 堆肥浸提液;番茄;黄瓜;种苗生长;壮苗指数;养分吸收与分配

[中图分类号] S641.2

[文献标志码] A

[文章编号] 1671-9387(2017)02-0121-07

Effect of compost extracts on growth and nutrition absorption of tomato and cucumber seedlings

LI Hui, LI Jianming, DING Ming, CAI Dongsheng,
FAN Xiangyu, ZHANG Xin, KONG Zheng

(College of Horticulture, Northwest A&F University/Key Laboratory of Protected Horticulture Engineering in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: 【Objective】In order to provide theoretical basis for utilization of compost extracts, the effect of different compost extracts on growth and nutrition absorbing of tomato and cucumber seedlings were an-

[收稿日期] 2016-04-22

[基金项目] 陕西省农业科技创新转化项目;陕西省科技统筹创新工程计划项目(2015KTTSNY03-03)

[作者简介] 李 惠(1992—),女,河南滑县人,硕士,主要从事设施有机栽培研究。E-mail:1539240391@qq.com

[通信作者] 李建明(1966—),男,陕西洛川人,教授,博士生导师,主要从事设施园艺研究。E-mail:lijianming66@163.com

alyzed.【Method】The extracts obtained from cattle manure, pig manure, chicken manure and mushroom composts were extracted in water for 72 hours. Then, the total N (TN) of compost extracts was diluted to the concentration in 1/2 Japanese garden general formula. Four treatments were set: T1, 3/4 cattle manure compost extract (TN 122.25 mg/L); T2, 3/4 mushroom residue + chicken manure compost extracts (TN 135.90 mg/L); T3, 3/4 mushroom residue + cattle manure compost extracts (TN 125.78 mg/L); and T4, 1/3 pig manure compost extracts (TN 117.75 mg/L). The physicochemical properties of compost extracts were measured, and the effects of different compost extracts on growth and nutrition absorbing of tomato and cucumber seedlings were estimated.【Result】The compost extracts were weak alkaline, and pH values were significantly higher than control. There were significant differences in EC, contents of TN, TP, TK, Cu, Zn, Fe, and Mn among treatments. Both seedling heights and stem diameters of tomato and cucumber seedlings were significantly increased under T4 treatment. Seedling index and dry weight of shoots and roots reached maximum under T4, but there was no significant difference between T4 and CK. Chl a, Chl b, *Pn*, *Gs* and *Tr* were markedly enhanced under T4 in tomato compared to CK, while the increases were not significant in cucumber. The N contents of root, stem, leaf and whole plant of tomato and cucumber reached the highest under T4. The highest values of P content in root, stem, and leaf were observed under T4 in tomato and cucumber. Highest P content of whole plant was observed under T4 in tomato, while under CK in cucumber. The distribution rates of K in different organs of tomato and cucumber seedlings had no significant differences.【Conclusion】Irrigation with 1/3 pig manure compost extracts obtained optimal morphological characteristics and photosynthetic characteristics of tomato and cucumber seedlings and significantly increased the contents of N and P of seedlings.

Key words: compost extract; tomato; cucumber; seedling growth; seedling index; absorption and distribution of nutrient

堆肥浸提液也被称为堆肥茶,是指将堆沤腐熟好的有机物料经过浸提所获得的提取液,是一种农业废弃物再利用的新方式。堆肥浸提液不仅含有大量植物生长发育所必需的矿质元素,也含有许多有益微生物及代谢产物。实践证明,堆肥浸提液具有生产成本低、制作方法简单、养分含量高、兼具生防和肥效的双重作用,且便于实施滴灌,具有很好的推广前景^[1]。

目前针对堆肥浸提液的相关研究主要集中在其生产工艺和对土传病虫害的生物防治方面^[2-3],而在基质栽培应用和对蔬菜作物生长及矿质元素吸收分配的影响方面尚无研究报道。本试验以腐熟的畜禽粪便为浸提原材料,水为浸提剂,研究不同类型堆肥浸提液的理化性质及其对番茄、黄瓜穴盘苗生长和营养元素吸收分配的影响,以期为堆肥浸提液的应用提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

浸提原材料为腐熟的牛粪、猪粪、菇渣 + 牛粪(菇渣与牛粪的风干质量比 1 : 1 堆沤腐熟)、菇渣 +

鸡粪(菇渣与鸡粪风干质量比 4 : 1 堆沤腐熟)。腐熟有机物料由陕西康熙农业有限公司提供,其风干后的主要理化性质见表 1。供试番茄(*Lycopersicon esculentum* Miller)品种是大宇园艺凯瑞,黄瓜(*Cucumis sativus* Linn.)品种是大宇园艺 518,均由杨凌裕丰农业公司提供。

1.2 堆肥浸提原液的制备

以水为浸提剂,将水与原堆肥(水与堆肥(干料)质量比为 10 : 1)加入到 60 L 的塑料桶中搅匀,每隔 8 h 搅拌 30 min,持续浸提 72 h 后取上清液,用孔径 0.15 mm 筛子过滤后得堆肥浸提原液。

1.3 试验设计

试验以对照(1/2 倍日本园试营养液)的全氮质量浓度为标准,根据测定的堆肥浸提原液中的全氮质量浓度,进行不同倍数的稀释使其全氮质量浓度接近于对照。试验设 5 个处理,分别为: T1, 3/4 倍牛粪浸提原液(全氮质量浓度为 122.25 mg/L); T2, 3/4 倍菇渣 + 鸡粪浸提原液(全氮质量浓度为 135.90 mg/L); T3, 3/4 倍菇渣 + 牛粪浸提原液(全氮质量浓度为 125.78 mg/L); T4, 1/3 倍猪粪浸提原液(全氮质量浓度为 117.75 mg/L); CK, 1/2 倍

日本园试营养液(全氮质量浓度为 121.00 mg/L)。

表 1 浸提原料的理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of composts

堆肥成分 Compost component	pH	EC/ (mS·cm ⁻¹)	全氮/(mg·g ⁻¹) TN	全磷/(mg·g ⁻¹) TP	全钾/(mg·g ⁻¹) TK
牛粪 Cattle manure	8.28 a	8.77 a	17.49 ab	3.80 d	14.32 b
菇渣+鸡粪 Mushroom residue+chicken manure	8.17 b	4.94 c	25.14 a	12.90 c	16.86 a
菇渣+牛粪 Mushroom residue+cattle manure	8.34 a	5.15 c	23.78 a	14.18 b	17.43 a
猪粪 Pig manure	7.11 c	6.63 b	12.13 b	51.12 a	5.56 c

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同。

Note:Different lowercase letters in same line mean significant difference ($P<0.05$). The same below.

1.4 育苗试验

育苗试验于 2015-05-02—06-06 在西北农林科技大学南校区模型温室进行。试验每处理 3 次重复,每个重复 50 株。2015-04-30 将番茄、黄瓜种子放在 55~60 ℃温水中浸种 30 min 后,置于 28 ℃人工气候箱中避光催芽,05-02 上午播种于 50 孔的穴盘中,每孔 1 粒,栽培基质采用混匀的珍珠岩和蛭石(珍珠岩与蛭石体积比为 1:2)。待种苗子叶完全展开时,开始堆肥浸提液的灌溉处理,晴天每 3 d 浇 1 次,每次每穴盘 1 000 mL;阴天不处理。各处理水分管理一致。待 35 d 番茄和黄瓜成苗后,测定各项指标。

1.5 测定指标及方法

1.5.1 堆肥浸提液理化特性测定 pH 值用 HI8424 便携式 pH 计测定;电导率用 DJS-1C 型电导率仪测定。矿质元素质量浓度测定参照文献[4]方法进行,取 2 mL 浸提液,用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮后,用去离子水定容至 100 mL 待测,全氮、全磷、全钾质量浓度用连续流动自动分析仪测定,铜、锌、铁、锰质量浓度均采用原子吸收分光光度法测定。

1.5.2 种苗形态及生理特征测定 用直尺和游标

卡尺分别测定种苗的株高(基质面到生长点)和茎粗(距离基质面 2 cm 处);采用 Li-6400 便携式光合测定仪(LI-COR USA)测定种苗自上向下第 3 片叶的光合参数,包括净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)、蒸腾速率(Tr);叶绿素含量参照李合生^[5]的方法用体积分数 95%乙醇浸提后测定。植株清洗干净测定鲜质量后,于烘箱 105 ℃杀青 10 min,80 ℃烘干 48 h,测干质量。植株氮、磷、钾含量测定参照文献[6]方法进行,即将样品粉碎后用 H₂SO₄-H₂O₂ 消煮,并用连续流动分析仪测定。

根冠比=根鲜质量/地上部鲜质量,壮苗指数=(茎粗/株高+根干质量/地上部干质量)×全株干质量^[7]。

1.6 数据处理及分析

试验数据采用 Excel 2010 进行数据统计和处理,采用 SPSS 20.0 进行方差分析和 Duncan's 多重比较。

2 结果与分析

2.1 堆肥浸提液的理化特性

不同堆肥浸提液的理化性质如表 2 所示。

表 2 不同堆肥浸提液的理化性质

Table 2 Physical and chemical properties of compost extracts

处理 Treatments	pH	EC/ (mS·cm ⁻¹)	全氮/ (mg·L ⁻¹) TN	全磷/ (mg·L ⁻¹) TP	全钾/ (mg·L ⁻¹) TK	铁/ (mg·L ⁻¹) Fe	锰/ (mg·L ⁻¹) Mn	锌/ (mg·L ⁻¹) Zn	铜/ (mg·L ⁻¹) Cu
T1	8.08 a	3.60 b	122.25 c	21.06 a	893.84 a	0.84 c	0.04 d	0.04 d	0.03 b
T2	8.03 a	3.46 c	125.78 b	21.44 a	743.63 c	3.30 a	0.30 a	0.03 e	0.01 c
T3	8.18 a	4.25 a	135.90 a	17.37 b	773.59 b	2.87 b	0.17 b	0.10 a	0.20 a
T4	7.39 b	1.61 e	117.75 e	15.65 c	121.59 d	0.05 d	0.10 c	0.09 b	0.03 b
CK	6.69 c	1.69 d	121.00 d	20.64 a	156.00 e	2.88 b	0.05 d	0.05 c	0.02 bc

从表 2 可以看出,各堆肥浸提液均呈弱碱性,且 pH 均显著高于 CK,其中 T3 处理的 pH 最大。不同堆肥浸提液的电导率存在显著的差异,其中 T3 处理的 EC 值最大,为 4.25 mS/cm, T4 处理的 EC 值最小,为 1.61 mS/cm。T3 处理的全氮质量浓度

最高, T4 处理的全氮质量浓度最低。T2 处理的全磷质量浓度最高, CK、T1 处理次之,且三者之间差异不显著。除了 T4 处理,其余堆肥浸提液处理的全钾质量浓度都显著高于 CK。T2 处理的铁、锰质量浓度最高, T3 处理次之,而 T3 处理的锌、铜质量

浓度最高,T4 处理次之。

2.2 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗生长的影响

2.2.1 种苗形态 种苗株高和茎粗是植株长势强弱的重要指标,在一定程度上能够反映种苗的健壮程度。从表 3 可以看出,不同堆肥浸提液处理的番茄种苗株高差异显著,其中 T4 处理的番茄种苗株高最大,是 CK 的 1.26 倍;T3 处理的株高最小,是 CK 的 50%。处理 T4 的茎粗最大,CK 次之,其余各处理差异不显著。T4 处理的黄瓜种苗株高、茎粗均最大,CK 次之,但 T4 处理与 CK 差异不显著,且二者均显著高于其余处理。

表 3 不同堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗形态指标的影响

Table 3 Effects of different compost extracts on morphologic indexes of tomato and cucumber seedlings							
种苗类型 Seedling	处理 Treatment	株高/cm Seedling height	茎粗/mm Stem diameter	地上部干质量/g Dry weight of shoots	地下部干质量/g Dry weight of roots	根冠比 Root/shoot ratio	壮苗指数 Seedling index
番茄 Tomato	T1	12.71 c	3.54 bc	0.313 bc	0.055 b	0.191 a	0.168 b
	T2	9.91 d	3.05 cd	0.254 bc	0.049 bc	0.216 a	0.152 b
	T3	8.45 d	2.79 d	0.200 c	0.034 c	0.126 a	0.117 c
	T4	21.40 a	4.28 a	0.645 a	0.098 a	0.147 a	0.260 a
	CK	17.00 b	3.70 b	0.398 ab	0.095 a	0.158 a	0.228 a
黄瓜 Cucumber	T1	11.25 b	4.84 bc	0.240 c	0.064 ab	0.179 a	0.213 b
	T2	9.36 bc	3.85 b	0.160 cd	0.045 ab	0.189 a	0.141 c
	T3	6.24 c	4.03 b	0.085 d	0.014 c	0.177 a	0.080 c
	T4	19.75 a	5.96 a	0.449 a	0.103 a	0.191 a	0.293 a
	CK	17.00 a	5.78 a	0.438 b	0.083 ab	0.171 a	0.276 a

2.2.2 种苗光合特性 叶绿素含量是种苗质量最直观的表现,也是反映植物光合作用的重要指标之一。净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r)则直接反映了植物的光合能力。从表 4 可以看出,对于番茄种苗而言,T4 处理的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量、气孔导度(G_s)均最高,CK 处理次之;T4 处理叶片净光合速率(P_n)最大,是 CK 的 1.09 倍;T2 处理最小,是 CK 的 80%;

表 4 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗叶片光合特性的影响

Table 4 Effects of different compost extracts on photosynthetic characteristics in leaves of tomato and cucumber seedlings							
种苗类型 Seedling type	处理 Treatment	叶绿素 a/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Chlorophyll a	叶绿素 b/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) Chlorophyll b	净光合速率/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) P_n	气孔导度/ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) G_s	胞间 CO_2 浓度/ ($\mu\text{mol} \cdot \text{mol}^{-1}$) C_i	蒸腾速率/ ($\text{mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) T_r
番茄 Tomato	T1	1.09 b	0.46 c	18.04 c	0.29 d	218.29 bc	7.11 b
	T2	1.09 b	0.47 c	17.34 d	0.28 d	253.57 a	6.59 c
	T3	1.38 ab	0.64 b	18.75 c	0.31 bcd	243.03 ab	7.61 b
	T4	1.69 a	0.79 a	23.51 a	0.63 a	206.07 c	8.06 ab
	CK	1.58 a	0.72 ab	21.58 b	0.58 ab	212.08 c	8.53 a
黄瓜 Cucumber	T1	0.82 cd	0.44 a	17.74 c	0.43 a	220.88 b	8.29 b
	T2	0.72 d	0.39 a	16.02 d	0.31 c	235.69 a	7.02 b
	T3	0.94 c	0.57 a	17.45 c	0.29 c	217.10 b	6.81 b
	T4	1.57 a	0.67 a	21.88 a	0.49 a	178.88 c	9.02 a
	CK	1.03 b	0.66 a	20.65 b	0.48 a	180.04 c	9.10 a

2.2.3 种苗氮元素累积和分配 从表 5 可以看出, 番茄、黄瓜种苗不同器官氮含量和分配率均表现为

植株干物质量能够衡量植株生长状况和生理代谢强弱,根冠比反映了植物地上部与地下部的相关性,壮苗指数是评价种苗质量的有效指标,三者都可以表征种苗的长势。从表 3 可以看出,番茄与黄瓜种苗干物质量、壮苗指数的变化趋势基本一致,即种苗的地上部干质量、地下部干质量及壮苗指数均以 T4 处理最大,其次是 CK,但二者之间差异不显著。不同处理番茄和黄瓜种苗的根冠比差异都不显著,其中番茄种苗的根冠比由大到小依次为 $T_2>T_1>CK>T_4>T_3$,黄瓜种苗根冠比由大到小依次为 $T_4>T_2>T_1>T_3>CK$ 。

而 T2 处理的 C_i 最大,其次是 T3 处理; T_r 最大的是 CK,T4 处理次之,但二者差异不显著。对于黄瓜种苗而言,叶片光合特性的变化与番茄种苗基本一致,其中 T4 处理的叶绿素 a、b 含量及 P_n 、 G_s 、 T_r 均最高,CK 次之,且二者之间叶绿素 b 含量 G_s 、 T_r 差异总体不显著;而 T2 处理的 C_i 最高,T4 处理最低。

叶>茎>根。对于番茄种苗而言,T4 处理根、茎、叶中的氮含量及植株总氮含量均最高,分别为 CK 的 1.27,2.18,1.60,1.69 倍;植株总氮含量随着浸提液中全氮质量浓度的增高而降低,T4 处理浸提液的全氮质量浓度最低,植株总氮含量最高,而 T3 处理的浸提液全氮质量浓度最高,植株总氮含量最低;不同浸提液处理植株各器官的氮元素分配率无显著差

异。黄瓜种苗不同器官氮含量的变化规律与番茄种苗基本一致,即 T4 处理总氮含量及各器官氮含量均最高,其次是 CK。与 CK 相比,不同浸提液处理黄瓜种苗氮元素在根中的分配率都低于 CK,而在叶中的分配率都高于 CK,在茎中的分配率与 CK 差异不显著。

表 5 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗植株氮元素累积和分配的影响

Table 5 Effects of different compost extracts on nitrogen accumulation and distribution of tomato and cucumber seedlings								
种苗类型 Seedling type	处理 Treatment	氮含量/(mg·株 ⁻¹)			总氮含量/ (mg·株 ⁻¹)	氮分配率/%		
		Nitrogen contents in different organs				Nitrogen ratio in different organs		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leave		根 Root	茎 Stem	叶 Leave
番茄 Tomato	T1	0.74 c	1.07 b	5.37 b	7.18 b	10.31 a	14.90 a	74.79 a
	T2	0.53 c	1.18 b	3.21 b	4.92 b	10.77 a	23.98 a	65.25 a
	T3	0.50 c	0.89 b	2.65 b	4.04 b	12.38 a	22.03 a	65.59 a
	T4	2.75 a	7.18 a	12.94 a	22.87 a	12.02 a	31.39 a	56.59 a
	CK	2.16 b	3.29 ab	8.10 ab	13.55 ab	15.94 a	24.28 a	59.78 a
黄瓜 Cucumber	T1	1.35 b	1.64 bc	2.14 b	5.13 bc	26.32 ab	31.97 ab	41.71 ab
	T2	0.85 b	0.70 c	1.13 b	2.68 c	31.72 ab	26.12 b	42.16 ab
	T3	0.22 b	0.46 c	0.49 b	1.17 c	18.80 b	39.32 a	41.88 ab
	T4	2.93 a	4.56 a	8.91 a	16.40 a	17.87 b	27.80 b	54.33 a
	CK	2.73 a	2.50 b	2.45 b	7.68 b	35.55 a	32.55 ab	31.90 b

2.2.4 种苗磷元素累积和分配 从表 6 可以看出,不同堆肥浸提液处理植株不同器官的磷含量和分配率不同,番茄、黄瓜种苗不同器官的磷含量和分配率总体表现为叶>茎>根。对于番茄种苗而言,T4 处理根、茎、叶中磷含量及总磷含量均最高,分别为 CK 的 1.46,1.69,1.85,1.75 倍;种苗总磷含量随着浸提

液中全磷质量浓度的增加呈降低的趋势;不同浸提液处理下的植株各器官的磷元素分配率总体无显著差异。对于黄瓜种苗而言,CK 处理总磷含量最高,其次为 T4 处理,二者之间差异不显著,但显著高于其余各处理;磷元素在叶中的分配率都低于 CK,且各处理下在种苗根、茎中的分配率无明显变化规律。

表 6 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗植株磷元素累积和分配的影响

Table 6 Effects of different compost extracts on phosphorus accumulation and distribution of tomato and cucumber seedlings								
种苗类型 Seedling type	处理 Treatment	磷含量/(mg·株 ⁻¹) Phosphorus contents in different organs			总磷含量/ (mg·株 ⁻¹) Phosphorus content of seedling	磷分配率/% Phosphorus ratio in different organs		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leave		根 Root	茎 Stem	叶 Leave
番茄 Tomato	T1	0.08 c	0.10 b	0.51 bc	0.69 a	11.59 a	14.49 b	73.92 a
	T2	0.08 c	0.24 ab	0.25 c	0.57 a	14.04 a	42.11 a	43.85 b
	T3	0.07 c	0.11 b	0.23 c	0.41 b	17.07 a	26.83 ab	56.10 ab
	T4	0.19 a	0.49 a	0.98 a	1.66 a	11.45 a	29.52 ab	59.03 ab
	CK	0.13 b	0.29 ab	0.53 b	0.95 a	13.68 a	30.53 a	55.79 b
黄瓜 Cucumber	T1	0.12 a	0.11 c	0.25 b	0.48 b	25.00 a	22.92 c	55.79 b
	T2	0.07 a	0.10 c	0.17 b	0.34 b	20.59 ab	29.41 b	52.08 a
	T3	0.02 a	0.08 c	0.11 b	0.21 b	9.52 c	38.10 a	52.38 a
	T4	0.14 a	0.40 a	0.50 a	1.04 a	13.46 bc	38.46 a	48.08 a
	CK	0.15 a	0.31 b	0.73 a	1.19 a	12.61 bc	26.05 c	61.34 a

2.2.5 种苗钾元素累积和分配 从表 7 可以看出,番茄、黄瓜种苗不同器官钾含量和分配率为叶>茎>根,不同浸提液处理下的植株各器官的钾元素分配率总体无显著差异。对于番茄种苗而言,施用浸提液总体能够提高植株的全钾含量,其中 T1 处

理根、茎、叶中钾含量均为最高,T3 处理最低;T1 处理植株总钾含量最高,其次是 T4、T2 处理,三者分别比 CK 高 55.77%,9.21%,1.74%。对于黄瓜种苗而言,T1 处理根、茎、叶中钾元素含量及植株总钾元素含量均为最高,其次是 CK。

表 7 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗植株钾元素累积和分配的影响

Table 7 Effects of different compost extracts on potassium accumulation and distribution of tomato and cucumber seedlings

种苗类型 Seedling type	处理 Treatment	钾含量/(mg·株 ⁻¹)			总钾含量/ (mg·株 ⁻¹)	钾分配率/%		
		Potassium contents in different organs				Potassium ratio in different organs		
		根 Root	茎 Stem	叶 Leave		根 Root	茎 Stem	叶 Leave
番茄 Tomato	T1	1.90 a	10.60 a	11.65 a	24.16 a	7.86 a	43.87 a	48.27 a
	T2	1.89 a	7.46 ab	6.43 b	15.78 ab	11.98 a	47.28 a	40.74 a
	T3	1.15 b	5.17 b	6.26 b	12.58 b	9.14 a	41.10 a	49.76 a
	T4	1.15 b	8.49 ab	7.30 ab	16.94 ab	6.79 a	50.12 a	43.09 a
	CK	1.21 b	7.42 ab	6.88 ab	15.51 ab	7.80 a	47.84 a	44.36 a
黄瓜 Cucumber	T1	3.26 a	5.93 a	8.51 a	17.70 a	18.41 abc	33.52 b	48.07 a
	T2	1.97 ab	3.16 c	4.60 b	9.73 c	20.28 ab	32.40 b	47.32 a
	T3	0.49 c	1.86 d	1.86 c	4.21 d	11.72 c	44.06 a	44.22 a
	T4	2.32 ab	2.34 c	4.42 a	9.09 c	25.84 a	25.73 b	48.43 a
	CK	2.21 ab	4.52 b	6.84 a	13.58 b	16.43 bc	33.45 b	50.12 a

3 讨 论

3.1 堆肥浸提液的理化特性

在相同的浸提条件下,浸提所使用的有机物料不同,获得的堆肥浸提液性质亦不相同。本研究中,堆肥浸提液的 pH 值均呈弱碱性,这与 Scheuerell 等^[8]的研究结果一致,这是由于微生物吸收的阴离子多于阳离子导致其 pH 值升高^[9]。EC 值能够反映浸提液中可溶性盐离子浓度,是衡量其养分含量的一项重要指标。本研究中,不同堆肥浸提液的 EC 值差异显著,说明浸提液中的可溶性离子含量差异大,其中 1/3 倍猪粪浸提液的 EC 值在作物生长的适宜 EC 值(≤2.6 mS/cm)范围^[10]。

研究表明,浸提液的养分含量受多种因素的影响,主要包括堆肥过程的因素(堆肥原料、发酵时间、堆体大小、是否有氧)、浸提过程的因素(浸提时间、比例、曝气时间)及添加营养物质的类型和多少^[4,11]。若浸提条件相同,浸提液的养分含量主要受堆肥过程的影响,而堆肥原料直接影响堆肥的理化特性,进而影响堆肥浸提液的养分特性。本研究中,1/3 倍猪粪浸提液的全氮、全磷、全钾质量浓度与对照相近,适于植物的生长。对于微量元素而言,Whipker^[12]认为,盆栽植物灌溉液中的 Fe 元素质量浓度应小于 5 mg/L,Mn 元素质量浓度应小于 1 mg/L,Cu 质量浓度应小于 0.2 mg/L,Zn 质量浓度应小于 0.5 mg/L,微量元素质量浓度过高将会对植物产生毒害作用,而本研究中的 4 种堆肥浸提液的微量元素质量浓度均在作物安全生长范围内。

3.2 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗生长的影响

种苗生长的好坏直接影响定植后植株的营养生长和生殖生长,壮苗指数是表征种苗质量最重要的指标^[13]。本研究的 4 种浸提液中,1/3 倍猪粪浸提

液处理种苗的壮苗指数最大,且显著高于其他处理,积累了较多的光合同化物,生长势最好。除了 1/3 倍猪粪浸提液之外,其余堆肥浸提液的全钾质量浓度都显著高于对照,而过量的钾素不仅会抑制作物对钙等阳离子的吸收,还会降低代谢酶的活性以及影响酚类物质和木质素的含成^[14];此外较多的钾离子也导致了堆肥浸提液 EC 值过高,不利于种苗的生长。而本研究中 1/3 倍猪粪浸提液中不仅含有适宜质量浓度的氮、磷、钾元素,且 pH、EC 值均在番茄、黄瓜种苗适宜生长的范围之内,能够为植物的生长发育提供均衡养分。

种苗叶绿素含量直接影响叶片绿色的程度,是种苗质量直观的表现,光合指标则代表了植物积累光合同化物的能力。本研究中,1/3 倍猪粪浸提液处理下的番茄和黄瓜种苗,其叶片中叶绿素含量、净光合速率(*Pn*)、气孔导度(*Gs*)、蒸腾速率(*Tr*)均高于其他处理,说明该堆肥浸提液可提高叶片的叶绿素含量,增强种苗光合能力,从而培育壮苗为定植后的生长发育奠定良好的基础。

3.3 堆肥浸提液对番茄、黄瓜种苗营养元素累积和分配的影响

植株各部位营养元素的分配比例受栽培环境及生育期的双重影响,正常条件下,种苗的氮磷钾主要分配给茎叶,这与绝大多数研究结果一致^[15]。除此之外,营养液的质量浓度和养分含量也会影响植株的养分分配。本试验中,堆肥浸提液能提高植株各部位的氮、磷、钾含量,其中 1/3 倍猪粪浸提液处理种苗总氮、总磷含量均高于对照,可能是由于猪粪浸提液理化性质适宜且养分较为平衡。随着浸提液中全氮质量浓度的增高,植株总氮累积量有降低的趋势,而向叶片的分配比例升高,且不同浸提液处理下植株各器官的氮元素分配比例无显著差异。本研究

中,3/4 倍牛粪浸提液、3/4 倍菇渣+牛粪浸提液、3/4倍菇渣+鸡粪浸提液的全钾质量浓度过高,抑制了种苗生长,同时也降低了植株的氮、磷总量。

4 结 论

本研究结果表明,不同堆肥浸提液理化性质差异显著,对番茄、黄瓜种苗生长发育的影响不同。从种苗形态、干物质积累、根冠比、壮苗指数、光合特性及养分的吸收和分配等指标综合考虑,以 1/3 倍猪粪浸提液的理化性质较接近对照,能够显著提高番茄和黄瓜种苗质量,适宜于番茄和黄瓜种苗生长。

[参考文献]

[1] 杨晓珍,郝丹东,孟 静,等. 功能性堆肥及其浸提液对设施黄瓜生长发育的影响 [J]. 农业科学研究,2014,35(4):65-70.
Yang X Z,Hao D D,Meng J,et al. The effect of compost and extracts on plant growth of cucumber in facility greenhouse [J]. Journal of Agricultural Sciences,2014,35(4):65-70.

[2] Scheuerell S,Mahaffee W. Compost tea: principles and prospects for plant disease control [J]. Compost Science&. Utilization,2002,11(4):313-338.

[3] 李春宵,张双玺,袁旭超,等. 两种药用植物残渣堆肥浸提液对黄瓜 3 种病害防治效果 [J]. 西北农业学报,2009,18(1):202-218.
Li C X,Zhang S X,Yuan X C,et al. Control effect of the extracting solution of two compost tea on three diseases of cucumber [J]. Acta Agricultural Boreali-Occidentalis Sinica,2009,18(1):202-218.

[4] 徐大兵,田亨达,张 丽,等. 用于液体肥料的堆肥浸提液提取工艺参数 [J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(5):1189-1195.
Xu D B,Tian H D,Zhang L,et al. Technology of extraction of compost extracts to make liquid fertilizer [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2009,15(5):1189-1195.

[5] 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,2006.
Li H S. Principles and techniques of plant physiological biochemical experiment [M]. Beijing: Higher Education Press,2006.

[6] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2000.
Bao S D. Analytic of soil and the agriculture chemistry [M]. 3rd ed. Beijing:China Agricultural Press,2000.

[7] 曹红星,程智慧,孟焕文. 几种复合基质对黄瓜幼苗生长的影响 [J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2005,33(5):111-114.
Cao H X,Cheng Z H,Meng H W. Influence of different organic compound substrates on the growth of cucumber seedling [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition),2005,33(5):111-114.

[8] Scheuerell S,Mahaffee W. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping off caused by *Pythium ultimum* [J]. Phytopathology,2004,94(11):1156-1163.

[9] Yan F,Schubert S,Mengel K. Soil pH increase due to biological decarboxylation of organic anions [J]. Soil Biological and Biochemistry,1996,28(4):617-624.

[10] Garcia C,Hernandez T,Costa F. Study on water extract of sewage sludge composts [J]. Soil Science and Plant Nutrition,1991,37(3):399-408.

[11] Martin C C G,Dorinvil W,Brathwaite R A I,et al. Effects and relationships of compost type,aeration and brewing time on compost tea properties,efficacy against *Pythium ultimum*, phytotoxicity and potential as a nutrient amendment for seedling production [J]. Biological Agriculture & Horticulture,2012,28(3):185-205.

[12] Whipker B. Irrigation water quality for container-grown plants [M]. Ames (IA):Iowa University Extension,1999.

[13] 王鹏勃,李建明,丁娟娟,等. 番茄育苗基质理化特性及其对幼苗生长影响的研究 [J]. 干旱地区农业研究,2014,32(5):137-142,250.
Wang P B,Ling J M,Ding J J,et al. Study on physical and chemical characteristics of compound substrate and effects on the growth of tomato seedling [J]. Agricultural Research in the Arid Areas,2014,32(5):137-142,250.

[14] 王 千,依艳丽,张淑香. 不同钾肥对番茄幼苗酚类物质代谢作用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2012,18(3):706-716.
Wang Q,Yi Y L,Zhang S X. Effects of different potassium on phenol metabolism of tomato seedlings [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2012,18(3):706-716.

[15] 汤明尧,张 炎,胡 伟. 不同施氮水平对加工番茄养分吸收、分配及产量的影响 [J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(5):1238-1245.
Tang M Y,Zhang Y,Hu W. Effects of different nitrogen rates on nutrition absorption,distribution and yield in tomato [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science,2010,16(5):1238-1245.