

利用猪场废弃垫料制备番茄栽培基质研究

刘岑薇, 叶 菁, 李艳春, 林 怡, 王义祥*

(福建省农业科学院农业生态研究所, 福建省红壤山地农业生态过程重点实验室, 福建 福州 350003)

摘 要: 为了实现猪场废弃垫料再利用, 研究了不同比例的养殖垫料与炉渣混合制成的基质栽培番茄, 根据番茄对栽培基质的特性要求, 测定其基质的理化性质 (pH 值、电导率、容重、孔隙度), 筛选合适的基质配方。结果表明, 垫料经过堆肥后完全腐熟, 以垫料为主的配方 A 且不含炉渣的处理基质 A5 的番茄株高、茎粗、地上部鲜质量、干质量最大, 分别为 23.1 cm、0.44 cm、16.38 g、1.64 g。且处理基质 A5 的各理化性质较适宜作为番茄的栽培基质, 其容重为 $0.63 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 总孔隙度为 78.5%, 水气比为 4.06。利用炉渣、养猪废弃垫料、菌渣作为蔬菜栽培基质属于废弃物再利用, 不会对环境造成二次污染, 是目前较为环保的一种废弃物再利用方式, 且经济效益显著。

关键词: 猪场废弃垫料; 炉渣; 菌渣; 番茄栽培基质

随着我国畜牧业的大力发展, 畜禽粪便成为畜牧养殖业最大的污染物, 对环境的污染也愈加显著。调查表明, 我国畜禽养殖业所产出的畜禽粪便年产量约 30 亿 $\text{t}^{[1]}$, 但实际有效处理率不到 50%。在传统养殖中, 畜禽粪便会随水冲栏而出, 这些养殖粪污中含有各种病原微生物、寄生虫等有害物质^[2]。未经处理随意排放的禽畜粪便、污水排放量超过地区土壤的承载能力, 通过雨水汇入河流, 不仅造成土壤及水环境的污染^[3], 而且对有机肥资源造成巨大的浪费, 成为制约养殖业可持续发展的主要因素^[4]。加强畜禽粪便污染防治迫在眉睫, 将其充分且安全利用是畜禽粪便污染防治的核心内容。

发酵床技术是一种基于减少畜禽粪便排放与污染的养殖模式, 是养猪业可持续发展的新模式^[5]。发酵床养殖技术主要是将锯末、稻壳、秸秆等材料接种微生物菌种, 堆积发酵后作为垫料用于禽畜养殖^[6]。发酵床技术的应用, 使得猪的排泄物一经产生就被有机垫料吸收, 并在原地被微生物降解、腐熟^[7], 避免传统养殖中水冲粪产生的大量污水, 达到猪舍免冲洗、无臭味、零排放, 减少了有害气

体的产生, 改善饲养环境, 也减少猪粪随意排放对周围造成的环境污染, 从源头实现环保、无公害的养殖目的^[8]。猪场中的垫料需要定期更换, 若对废弃垫料加以利用, 可以产生巨大的生态效益和经济效益。发酵床垫料中含有丰富的有机质和营养元素, 其 pH 值与有机肥所要求的 pH 值区间较为相符^[9], 但直接作为栽培基质, 可能存在对植物产生毒害的问题^[10], 例如化感物质影响种子萌发, 正确使用发酵床垫料可促进植物生长。目前对于垫料的资源化利用主要是经过高温堆肥处理^[11], 垫料在发酵过程中高温期可达到 70℃, 可杀死病原菌, 促进有机物的转化, 制成有机肥料^[12-14], 目前已有垫料作为食用菌、蔬菜的栽培料、肥料、育苗基质的一些报道^[15-17]。

发酵床养猪在我国一些大型养殖场发展成熟, 但对于养殖废弃垫料的基本成分、理化性质, 以及在农田再利用的适用性研究较少^[18], 且缺乏无害化处理和资源化应用技术的研究, 垫料基质化利用还有许多问题待解决。传统蔬菜基质利用泥炭, 因其理化性质优良, 使用效果好。但单一使用某种基质难以满足蔬菜生长发育的各项需求, 且泥炭成本高, 过度使用会破坏沼泽地的生态环境^[19]。近年来, 我国无土栽培技术迅速发展, 蔬菜栽培基质前景十分宽广。有机生态型无土栽培基质的研究已成为现阶段重要研究方向, 该类基质拥有缓冲性强、稳定性好、根系生长所需环境较优的特点, 可为植物生长提供有利的生长环境及植物生长所需的必要

收稿日期: 2019-05-08; 录用日期: 2019-07-17

基金项目: 福建省省属公益类科研院所专项 (2019 R1021-2、2020 R11010028-3); 福建省自然科学基金项目 (2017 J01072)。

作者简介: 刘岑薇 (1988-), 女, 福建福州人, 助理研究员, 硕士, 研究方向为水土流失及低碳农业。E-mail: liuc179@163.com。

通讯作者: 王义祥, E-mail: sd_wolong@163.com。

养分。我国无土栽培目前还存在一些问题,从实际生产来看,栽培基质的生产系统昂贵,且基质原料较贵,例如泥炭、蛭石、岩棉,且都是不可再生资源,因此导致了基质产品费用升高。国内外采用农业废弃物等经腐熟发酵和消毒制造出经济环保型基质取得了良好的效应,且减少资源浪费。利用农业生态系统产生的农牧废弃物,例如养猪场废弃垫料,利用其垫料成分发酵成性状稳定的基质,可作为今后育苗基质的发展方向^[20],既满足可持续发展的需求,又可推动我国有机农业的发展。

本研究利用养猪场废弃发酵床垫料为主材料,添加不同比例的炉渣研制蔬菜栽培的基质,研究不同的栽培基质配比对番茄的生长及产量的影响。根据农作蔬菜对栽培基质的特性要求,探索并筛选适宜南方设施内有机无土栽培的最佳基质配方,探究作物对于不同基质配比的基质中的养分吸收情况,为废弃垫料的资源化利用和产业化开发提供科学依据,为发展有机生态型无土栽培蔬菜基质提供技术保障。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的两份材料(材料A和B)均以秀珍菇菌渣和养猪场废弃垫料为主料,供试炉渣为民用锅炉燃煤排出的废渣,其主要成分是二氧化硅、氧化铝、氧化铁、氯化钙、氯化镁等,其重金属含量为Pb 10.3 mg·kg⁻¹, Cd 0.08 mg·kg⁻¹, Cu 32.6 mg·kg⁻¹, Zn 28.3 mg·kg⁻¹, 符合标准规定(NY/T391-2000)^[21]。以上材料按表1所示的比例混合(处理中的比例为重量比), C/N均为30:1。将材料A和B分别与过1.68 mm筛后的炉渣按照不同的体积比(V/V)混合(表2),并以菜园土作为对照。试验前将不同配比的基质装入直径20 cm、高30 cm的塑料盆中,每盆装入的材料A和B的重量相同(不含炉渣),播种番茄种子,待种子出土后,统计番茄出苗率,之后每盆定株1棵,每个处理3株,3次重复,随机排列。各处理的番茄管理方式均相同,番茄生长过程中无施肥管理。

表1 不同试验处理原料配比 (kg)			
材料	垫料	菌渣	尿素
A	315	105	0
B	105	315	0.997 5

表2 各种基质的配制(体积比) (%)					
处理	材料A	炉渣	处理	材料B	炉渣
A1	50	50	B1	50	50
A2	60	40	B2	60	40
A3	70	30	B3	70	30
A4	80	20	B4	80	20
A5	100	0	B5	100	0
CK	0	0			

1.2 测定项目与方法

基质容重、孔隙度的测定^[17]:用环刀法(环刀称重记为W₀),装取风干基质后称重记为W₁;浸泡水中24 h,达到饱和状态时称重记为W₂;静置3 h待水分自然沥干后,称重记为W₃,重复3次后按下列公式计算:容重=(W₁-W₀)/V;总孔隙度(TP)=[(W₂-W₁)/V]×100%;通气孔隙度(AP)=[(W₂-W₃)/V]×100%;持水孔隙度(WHP)=总孔隙度-通气孔隙度。基质pH值、电导率的测定^[20]:称取风干基质10 g,按固:液(去离子水)=1:5(W:V)混合震荡40 min后提取浸提液,用DDSJ-308型电导率仪测定基质电导率,用HANNA Hi8134型pH计测定pH值。

1.3 基质淋滤液成分分析

分别于试验的第0、30、90、120、150和180 d向栽培基质中均匀添加相同用量的超纯水,直至有淋滤液从塑料盆底部的排水孔流出,然后收集托盘内的淋滤液用于pH值和电导率的测定。

1.4 数据分析

利用Minitab 16统计软件,对基质容重、孔隙度、pH值和电导率进行相关性分析,检测不同比例的垫料、菌渣及炉渣的复合基质对于番茄生长情况的影响。

2 结果与分析

2.1 复合基质的物理特性

2.1.1 基质容重

不同比例的垫料、菌渣及炉渣配制成的复合基质的理化性质都有所差异。从表3可知,处理基质的容重都比对照基质的,其中,添加了50%的炉渣的处理基质A1的容重(A1=2.76 g·cm⁻³)大大超出了菜园土的容重(1.10 g·cm⁻³);添加20%炉渣的处理基质B4的容重(B4=2.40 g·cm⁻³)也远大于对照。当基质以垫料为主时(A),基质

中所添加的炉渣比例增大, 其基质容重显著增大 ($R^2=0.80$) 且各处理基质间有显著差异; 其原因在于炉渣本身粒径较大, 通常可作为排水层材料, 铺在栽培基质的下层。当基质以菌渣为主时 (B), 基质容重与炉渣添加比例无显著相关性, 且添加

50% 炉渣与添加 30% 炉渣的基质容重无显著差异。在两个处理均未添加炉渣的情况下, 以垫料为主的基质容重 ($A5=0.63 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$) 略大于以菌渣为主的基质 ($B5=0.57 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$)。

表 3 各处理基质的物理性质

处理	容重 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	基质总孔隙度 (TP, %)	基质通气孔隙度 (AP, %)	基质持水孔隙度 (WHP, %)	水气比 (WRP/AP)	含水量 (%)
A1	2.76	69.93	14.73	55.20	3.75	26.43
A2	1.49	62.99	6.33	56.66	8.96	40.01
A3	1.33	71.22	8.14	63.08	7.75	44.77
A4	1.07	78.42	11.83	66.59	5.63	53.82
A5	0.63	78.53	15.51	63.01	4.06	72.18
B1	1.52	79.34	14.20	65.14	4.59	23.20
B2	1.18	73.63	6.70	66.93	9.99	43.12
B3	1.60	70.58	21.92	48.66	2.22	34.75
B4	2.40	64.97	7.71	57.26	7.42	29.00
B5	0.57	79.01	14.40	64.61	4.49	63.53
菜园土	1.10	66.00	21.0	45.0	2.14	
炉渣	0.78	54.7				

2.1.2 孔隙度

各处理基质的总孔隙度无明显差异, 总体来看, 添加了炉渣的各处理基质的总孔隙度较未添加炉渣的处理基质大。由表 3 可知, 相比于其他处理基质, 未添加炉渣的基质 (A5 与 B5) 与以垫料为主且添加 20% 炉渣的基质 (A4) 容重和总孔隙度是较符合植物生长的基质条件。添加 50% 炉渣的处理基质降低了基质通气孔隙度, 总孔隙度、持水孔隙度都随添加的炉渣比例的增大而呈降低趋势。从各处理基质的水气比结果来看, A1、A5、B1、B3、B5 的水气比均在 2.0 ~ 5.0 之间, 其余处理基质的水气比都较高。

2.2 基质淋滤液性质的变化

2.2.1 基质 pH 值的变化

各处理基质 pH 值初始值在 7.3 ~ 9.0 之间, 在未添加炉渣时, 基质 pH 值随菌渣含量的增多而显著增高 (图 1)。以垫料为主且未添加炉渣的 A5 基质的平均 pH 值为 7.4, 炉渣添加含量超过 20% 的基质 A1、A2、A3、A4 的 pH 值都明显高于菜园土 ($\text{pH}=7.8$); 而以菌渣为主的 B5 基质碱性较大, 其平均 pH 值为 8.0。处理基质 A 组的 pH 值与炉渣的添加比例呈显著相关性, 处理基质的 pH 值随炉渣含量的增多而升高。以菌渣为主的处理基质 B 组的 pH 值与炉渣添加比例则无显著相关性。

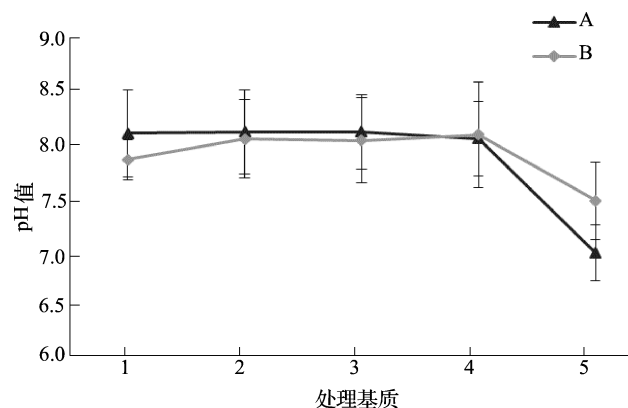


图 1 处理基质的 pH 值与炉渣添加比例的关系

由图 2 可知, 随着基质使用时间增加, 各处理基质的 pH 值总体呈降低趋势。以垫料为主的基质中发现, 添加炉渣的基质 pH 值在开始使用的前 30 d 均呈下降趋势, 添加 50% 炉渣的基质 A1 的 pH 值在使用期间总体呈下降趋势; 添加 40% 炉渣的基质 A2 的 pH 值在使用 30 d 后缓慢上升, 到使用第 90 d, 其 pH 值达到最高值 ($\text{pH}=8.37$), 随后显著下降, 基质使用 180 d 后 pH 值达到最低值 ($\text{pH}=7.45$); 添加 30% 炉渣基质 A3 的变化趋势与 A1 相似; 添加 20% 炉渣基质 A4 的 pH 值在使用到第 60 d 时达到最高值 ($\text{pH}=8.39$), 之后显著下降,

在使用 180 d 后达到最低值 ($\text{pH}=7.26$)。以垫料为主且未添加炉渣的基质 A5 在使用到第 90 d, pH 值达到最小值, 随后缓慢增大, 在使用半年后, 基质 pH 值趋于原始值。在栽培番茄的过程中浇水灌溉,

满足番茄生长过程所需的水分。通过水的冲洗, 使得炉渣中主要成分 (多为酸性和碱性氧化物) 被淋洗, 减弱其碱性, 使得各处理基质的 pH 值有减小的趋势。

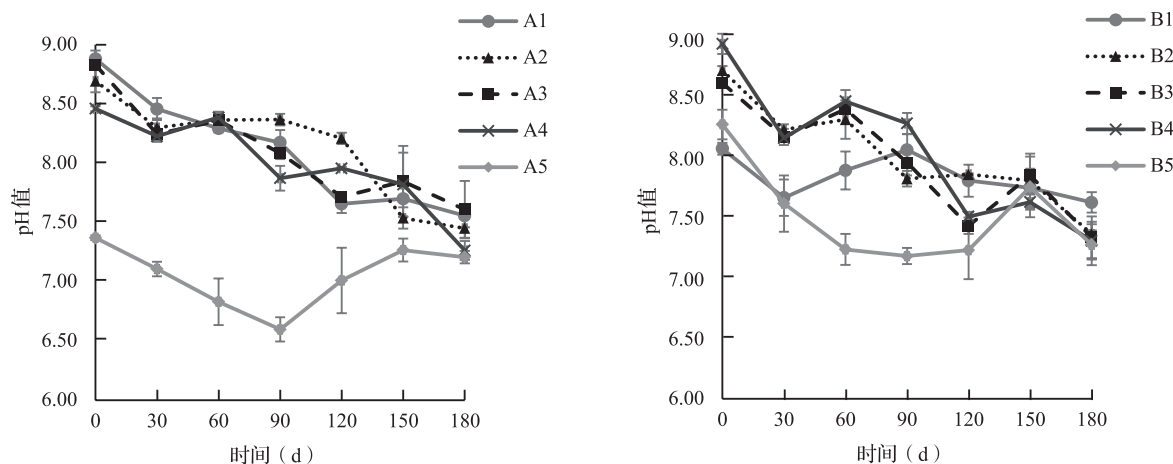


图 2 处理基质的 pH 值与使用时间的关系

以菌渣为主的各处理基质的 pH 值在植物生长过程中也总体呈下降趋势, 基质 B1 的 pH 值的变化趋势与 B4 相似; 而 B2 与 B3 的 pH 值的变化趋势相似, 基质 pH 值在使用 30 d 后开始缓慢上升, 在使用 60 d 后显著下降, 随后缓慢升高, 在使用 150 d 后继续下降至最低值。未添加炉渣的处理基质 (B5) 在使用后, pH 值呈下降趋势, 到 90 d 后达最低值, 随后缓慢升高, 在第 150 d 达到最高值, 随后缓慢降低, 其原因可能为菌渣中含有大量难以降解的纤维素、木质素等, 随着番茄生长过程中不断被微生物利用, 碳素物质分解转化^[22]。

2.2.2 电导率的变化

电导率 (EC) 反映了基质中的可溶性盐含量,

在一定的范围内, 溶液的含盐量与 EC 值正相关。由试验结果 (图 3) 显示, 堆制发酵材料的 EC 值介于 $0.6 \sim 1.2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-3}$ 之间, 过高的 EC 值不利于植物生长。基质的电导率受添加垫料、菌渣和炉渣比例的影响, 基质的电导率与炉渣添加比例无显著相关性。其中 A 原料配制的基质的电导率显著高于 B 原料, 添加炉渣导致各基质 EC 值有不同程度的下降。随着添加炉渣比例减小, 以垫料为主的基质的 EC 值升高, 添加 30% 炉渣的基质 A3 的初始 EC 值最高, 为 $1.28 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-3}$; 而以菌渣为主的基质的 EC 值随着添加炉渣比例增大呈先增大后减小的趋势, 添加 40% 炉渣的基质 B2 的初始 EC 值最高 ($0.93 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-3}$); 添加 50% 炉渣的处理基质 A1 和 B1 的 EC 值都是各组

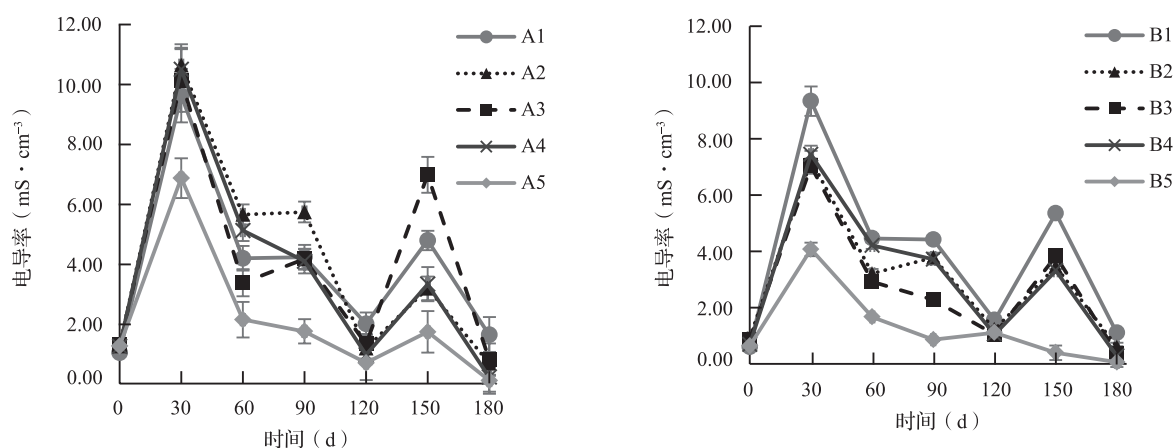


图 3 处理基质的电导率与基质使用时间的关系

中最低值(分别为 1.03 和 $0.6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-3}$)。这是因为基质中的垫料含有大量的氮随着微生物分解作用挥发,导致 EC 值的下降。不同处理基质的电导率随时间变化的趋势较为相似(图 4)。各基质在植物生长初期(30 d)达到最高值,随着植物旺盛生长,添加炉渣的处理基质的 EC 值呈先降低后升高的趋势,在植物成熟期显著增加,最后趋于初始值。处理基质中添加炉渣 40% 的处理基质(A2)的 EC 值最大,其次是添加 20% 炉渣的基质,未添加炉渣且垫料比例低的处理基质 B5 的 EC 值最低。基质 EC 值在植物生长过程中最高达到 $10.6 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-3}$,其原因不仅受垫料中微生物的影响,且受到植物根系分泌物质的影响。受垫料和菌渣中微生物活动的影响,使得植物在生长过程中,处理基质的 EC 值呈明显下降趋势,在植物成熟期缓慢增加并趋于初始值。

番茄生长初期对养分的需求很低,在生长后期则需要从基质中吸收大量的养分。测定各处理基质的电导率可以快速判定基质是否适合植物生长。高慧等^[23]通过测定基质的电导率的变化曲线,得出适度的钾浓度有助于提高根系对养分的吸收,而过度的钾浓度会抑制根系对养分的吸收。

2.2.3 不同垫料基质对番茄形态指标的影响

由表 4 可知,除 B1 外的各处理基质的番茄幼苗株高、茎粗、地上部鲜质量、干质量均显著高于对照 CK。其中,处理 A5 的株高、茎粗、鲜质量、干质量最大,其次为 A2,处理 B1 基质的番茄幼苗各形态指标均为最小。另外,A 组处理的各项番茄幼苗形态指标均显著高于 B 处理。由此可见,废弃垫料经过堆肥处理后能提供番茄生长所需的基本性质,而添加过多的煤渣会影响番茄的生长。

表 4 不同处理基质对番茄幼苗形态指标的影响

处理	株高 (cm)	茎粗 (cm)	地上部鲜质量 (g)	地上部干质量 (g)
A1	18.9 d	0.35 b	9.76 c	0.89 bc
A2	22.8 b	0.42 a	15.36 a	1.55 a
A3	20.8 c	0.41 ab	15.03 a	1.48 a
A4	20.6 c	0.39 b	15.16 a	1.56 a
A5	23.1 a	0.44 a	16.38 a	1.64 a
B1	7.5 f	0.21 d	0.60 e	0.36 c
B2	12.5 e	0.28 c	1.66 e	0.18 d
B3	14.4 de	0.29 bc	2.58 e	0.26 cd
B4	19.1 cd	0.37 b	11.45 b	1.16 b
B5	18.5 d	0.33 b	10.30 bc	1.08 b
CK	10.2 ef	0.25 d	4.13 d	0.48 c

注:小写字母表示 5% 水平的差异显著性。

3 讨论

良好的基质首先要具备良好的理化性状,主要通过颗粒大小、容重、总孔隙度、水气比、pH 值等指标衡量。有研究表明,麦秆与炉渣(1:0.5)配置的复合基质栽培番茄的株高、茎粗、鲜质量及干质量等方面均表现良好^[24],适宜的番茄复合基质的容重在 $0.2 \sim 0.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 为好。容重过小,说明栽培基质过于疏松,通气性较好,适宜根系延伸,但不能起到良好的固定植株的效果;容重过大,则说明基质过于紧实,总孔隙度小,基质通气性较差,影响作物根系的生长。目前广泛使用的基质的总孔隙度在 55% ~ 85% 之间,通气孔隙度在 15% 以上,持水孔隙度在 50% 以上较好^[25]。基质的物理结构,例如孔隙度和容重决定了基质水分和空气的含量,决定了植物根系对养分的吸附性能,从而影响水分、养分的供应和吸收。垫料含量在 50% 以上的基质持水孔隙度偏小,垫料本身持水性不够大,但是在长时间使用过程中,垫料在发酵过程中粗纤维会被缓慢降解,使得其通气孔隙度变大。而炉渣容重偏大,过于紧实,透气保水性较差,易产生基质内进水,对作物生长不利。在本试验中发现,添加了炉渣的各处理基质的总孔隙度较未添加炉渣的处理基质大,但都在较适宜的范围内;不含炉渣的处理基质 A5 和 B5 的容重及总孔隙度较为适宜。本试验中添加 50% 的炉渣的基质 A1 和 B1 不宜作为作物栽培基质。由于处理基质中配有不同比例炉渣、垫料和菌渣,使得处理基质的通气孔隙都明显地小于对照基质。一般来说,基质容重小、总孔隙度大,则该基质较疏松,通气性好,有利于植物根系进行有氧呼吸,有利于植物根系对矿物质营养的吸收,进而有利于植物的生长发育。容重过小,孔隙度过大,同样也不利于植株的生长发育。由于垫料持水性不够大,以垫料为主的基质(A)的持水孔隙度较小。一般来说,水气比在 2.0 ~ 4.0 之间较适宜植物生长^[26],从处理基质的水气比测定结果来看,A1、B1、B3 的水气虽比前人所研究的适宜比例略高,但仍具有较好的育苗效果。

基质 pH 值和电导率也是筛选基质好坏的重要指标^[27]。番茄基质的 pH 值一般在 6.5 ~ 7.0 之间为宜,植物对各种营养元素的利用有效性较高。本实验中用到的炉渣,价格廉价易获得,其理化性

质较为良好,有利于固定根系,但由于碱性过大,持水量低、质地不均一,对制作的基质的营养成分影响较大。使用前应该过 $<5\text{ mm}$ 筛,且炉渣不宜单独用作基质,需与其他基质充分混合后方可使用。在本试验中发现,炉渣添加的比例不应超过 50%,否则将影响作物生长。添加炉渣使得基质 pH 值偏碱,超过作物根系生长所需的最适宜 pH 值 (6.0 ~ 8.0),会影响到营养液的酸碱度,严重时可能会破坏营养液的化学平衡,阻止植物对养分的吸收。基质的 pH 值偏高不但直接影响根系对养分的吸收,而且地上部生长明显受抑。因此本试验中添加过多炉渣不利于番茄幼苗的生长。电导率反应了基质内部可溶性盐的多少,在施肥上可以利用电导率管理施肥,利用炉渣调节基质的电导率。以垫料为主的处理基质中添加炉渣 40% 的基质 A2 的 EC 值最大,其次是添加 20% 炉渣的基质 A4,这说明垫料和炉渣中含有较多的可溶性盐类,其供肥强度较大。各原料中未添加炉渣的处理基质 A5 和 B5 的 EC 值均为最低,说明添加炉渣可以提高基质中的可溶性盐含量。菌渣较干燥蓬松,透气性较高于垫料,本身所含有的氨气更容易挥发。一般适合于育苗的基质 EC 值在 $0.13 \sim 0.35\text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$,适合大多数植物生长的 EC 值在 $0.36 \sim 0.65\text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ [28],本试验中以垫料为主的基质且不含炉渣的处理基质 A5 较为适宜作为蔬菜的栽培基质。

4 结论

目前利用养猪场废弃垫料作为栽培基质的研究较少,对于该方面的研究,从很大程度上解决了废弃物的再利用问题。随着产业化工业化生产规模的提高,各种工农业副产品和废弃物的排放量日益增多,无土栽培选用基质的方向应以有机废弃物的利用为主,实现资源可循环利用,有机废弃物的选用可根据废弃物理化性质,根据作物对营养所需情况进行配比,使用复合基质,既能满足植物生长需求,又能符合市场化需求。基质栽培技术简单,投资小,但各种基质的价格相差很大。应根据当地的资源状况,尽量选择廉价优质、来源广泛、不污染环境、使用方便、可利用时间长、经济效益高的基质,最好能就地取材,从而降低无土栽培的成本,减少投入,体现经济性。通过对添加炉渣的基质理化性质的评价结果表明:添加不含有毒物质的炉渣,对作物生长无害。炉渣可作为无土栽培蔬菜的

基质,但不适宜单独使用,需要与其他基质混合才能得到适宜作物生长的性状。炉渣与废弃垫料配制成混合基质时,所添加炉渣的比例不应超过 50%。利用炉渣、养猪废弃垫料、菌渣作为蔬菜栽培基质属于废弃物再利用,不会对环境造成二次污染,是目前较为环保的一种废弃物再利用方式,且经济效益显著。

参考文献:

- [1] 于福清,赵小丽.我国畜牧业标准化的发展现状及对策[J].中国畜牧业,2015,(13):8-9.
- [2] 王振兴,许振成,谌建宇.畜禽养殖业氨氮总量控制减排技术特征与评估方法研究[J].广东农业科学,2014,41(4):185-192.
- [3] 沈秀丽,杨增玲,韩鲁佳.畜禽粪便引发的重金属污染的研究现状[C].北京:中国农业工程学会2011年学术年会论文集,2011.
- [4] 晋锋,李玉文,王恕.推广畜牧业清洁生产促进畜牧业可持续发展[J].现代畜牧兽医,2008,1:21-22.
- [5] 胡海燕,于勇,张玉静.发酵床养猪废弃垫料的资源化利用评价[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):252-258.
- [6] 高文瑞,王欣,徐刚,等.猪发酵床废弃垫料不同配比基质对辣椒生长及品质的影响[J].土壤,2017,49(6):1100-1107.
- [7] 蓝江林,刘波,宋泽琼,等.微生物发酵床养猪技术研究进展[J].生物技术进展,2012,2(6):411-416.
- [8] 朱洪,常志州,叶小梅,等.基于畜禽废弃物管理的发酵床技术研究:Ⅲ高湿季节养殖效果评价[J].农业环境科学学报,2008,27(1):354-358.
- [9] 王秋峰.发酵床养猪废弃垫料的资源化利用分析[J].中国电子商务,2014,(22):301-303.
- [10] 马建民,郭彤,郭秀山,等.猪发酵床垫料中重金属元素残留分析[J].黑龙江畜牧兽医(科技版),2014,(1):195-196.
- [11] 应三成,吕学斌,何志平,等.不同使用时间和类型生猪发酵床垫料成分比较研究[J].西南农业学报,2010,23(4):1279-1281.
- [12] 纪玉琨,何洪.发酵床垫料作为有机肥施用于土壤效果研究[J].畜牧与兽医,2014,46(9):31-33.
- [13] 汤葆莎,陈君琛,沈恒胜,等.以发酵床养猪废弃垫料为替代料的毛木耳菌丝培养基质筛选[J].中国农学通报,2015,(25):66-69.
- [14] 王连珠,李奇民,潘宗海.微生物发酵床养猪技术研究进展[J].中国动物保健,2008,(7):19-20.
- [15] 应正河,林衍铨,江晓凌,等.微生物发酵床养猪垫料对5种食用菌菌丝生长的影响[J].福建农业学报,2014,29(10):982-986.
- [16] 覃宝山,覃勇荣.新型培养料栽培食用菌研究的现状及展望[J].中国农学通报,2010,26(16):223-228.

- [17] 阮瑞国, 丁李春, 罗仰奋, 等. 葡萄园中零排放猪舍垫料废料栽培双孢蘑菇 [J]. 食用菌学报, 2011, 18 (3): 31-34.
- [18] 陈燕萍, 肖荣凤, 刘波, 等. 利用微生物发酵床养猪垫料制备蔬菜育苗基质的研究 [J]. 福建农业学报, 2015, 30(8): 802-809.
- [19] 黄义彬, 李卿, 张莉, 等. 发酵床垫料无害化处理技术研究 [J]. 贵州畜牧兽医, 2011, 35 (5): 3-7.
- [20] 王欣, 高文瑞, 徐刚, 等. 以猪发酵床废弃垫料为主要原料的无土栽培基质理化性状分析 [J]. 江苏农业科学, 2017, 45 (24): 251-254.
- [21] 绿色食品产地环境技术条件, NY/T 391-2000 [S].
- [22] 陈燕萍, 朱育菁, 肖荣凤, 等. 微生物发酵床养猪垫料配制黄瓜育苗基质研究 [J]. 福建农业科技, 2017, 48 (6): 1-4.
- [23] 高慧, 孙春香. 不同钾水平对番茄幼苗生长的影响 [J]. 长江蔬菜, 2007, (8): 54-55.
- [24] 刘伟, 余宏军, 蒋卫杰. 我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14 (3): 4-7.
- [25] 田吉林. 无土栽培基质的质量参数 (孔隙度) 研究 [J]. 上海农业学报, 2003, 19 (1): 46-49.
- [26] 彭士永, 朱建华. 无土栽培不同基质对番茄生理功能影响的研究 [J]. 辽宁农业职业技术学院学报, 2000, 2 (4): 16-17.
- [27] 谢嘉霖, 刘荣华, 叶启芳, 等. 无土栽培基质电导率和 pH 值测定条件的研究 [J]. 安徽农业科学, 2006, 34 (3): 415-416.
- [28] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 基质 EC 值与作物生长关系及其测定方法比较 [J]. 中国蔬菜, 2004, (1): 70-71.

Study on tomato culture media made by waste pig bedding compost

LIU Cen-wei, YE Jing, LI Yan-chun, LIN Yi, WANG Yi-xiang* (Institute of Agricultural Ecology, Fujian Academy of Agricultural Sciences; Fujian Key Laboratory of Agricultural Ecological Process in Red Soil Hilly Region, Fuzhou Fujian 350003)

Abstract: Nowadays, animal husbandry in China develops rapidly. In order to achieve the waste pig bedding compost reuse, this experiment was conducted to investigate the possibility of mixing different ratio coal slag with the waste pig bedding compost as the culture media for tomato seedling. To meet the demands of tomato culture, the characteristics of culture media, for example, pH, conductivity, soil bulk density and porosity were measured. The results showed that compost treatments meet the standards for being harmless which had no toxic effects on crops. The characteristics of tomato seedling such as height, stem diameter, raw weight and dry weight from overground part of treatment A5 were the largest, which were 23.1 cm, 0.44 cm, 16.38 g, and 1.64 g, respectively. This showed that the compound substrate (pig bedding; mushroom residue=3 : 1) and without adding coal slag (A5) was suitable for crop seeding. The bulk density, total porosity and water-gas ratio of this compound substrate were $0.63 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 78.5%, and 4.06. Using coalslag, waste pig bedding compost and mushroom dreg-based compost as culture media is environmental friendly and an effective way to turn waste into wealth, without secondary pollution to environment.

Key words: waste pig bedding compost; coal slag; mushroom dreg; tomato culture media