

李其胜, 顾大路, 董青君, 等. 菇渣堆肥复配基质对黄瓜穴盘苗生长效应的综合评价[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(6): 1395-1402.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2023.06.016

菇渣堆肥复配基质对黄瓜穴盘苗生长效应的综合评价

李其胜¹, 顾大路¹, 董青君¹, 殷小冬¹, 杨文飞¹, 杜小凤¹, 文廷刚¹, 贾艳艳¹,
杨威², 徐永刚²

(1. 江苏徐淮地区淮阴农业科学研究所, 江苏 淮安 223001; 2. 淮阴师范学院, 江苏 淮安 223300)

摘要: 为减少草炭的开采和提高菇渣资源利用率, 探究菇渣堆肥作为育苗基质的可行性。本试验以高温腐熟后的菇渣堆肥为主要原料, 添加不同比例的牛粪堆肥、草炭和蛭石进行混合制成复配基质, 以黄瓜品种致绿 0159 为试验材料, 研究各复配基质在黄瓜育苗中的应用效果。结果表明, 与对照 CK1(草炭基质)和 CK2(商品基质)相比, 菇渣堆肥复配基质(T1~T6)的全量养分和速效养分含量均显著增加。与 CK2 相比, T6 基质的容重和气水比显著增加。相比 CK1, T6 基质显著增加黄瓜幼苗株高、茎粗、叶长、叶宽、地下部干质量和根冠比。T6 基质培育的黄瓜幼苗的综合评价指数高于对照和其他基质。黄瓜幼苗株高、叶长、叶宽与基质的容重呈显著正相关关系, 与基质总孔隙度呈显著负相关关系。幼苗叶绿素相对含量与基质电导率、速效磷含量呈显著负相关关系。综上所述, 菇渣堆肥复配基质具有较好的理化性质, 促进黄瓜幼苗生长, 尤以 T6 基质(30% 菇渣堆肥+20% 牛粪堆肥+30% 草炭+20% 蛭石)育苗效果较好, 可作为黄瓜育苗的复配基质。

关键词: 菇渣堆肥; 基质; 黄瓜; 穴盘苗

中图分类号: S141.4

文献标识码: A

文章编号: 1000-4440(2023)06-1395-08

Comprehensive evaluation of the effect of mushroom residue compost compound substrate on the growth of cucumber plug seedling

LI Qi-sheng¹, GU Da-lu¹, DONG Qing-jun¹, YIN Xiao-dong¹, YANG Wen-fei¹, DU Xiao-feng¹,
WEN Ting-gang¹, JIA Yan-yan¹, YANG Wei², XU Yong-gang²

(1. Huaiyin Institute of Agricultural Sciences of Xuhuai Region in Jiangsu, Huai'an 223001, China; 2. Huaiyin Normal University, Huai'an 223300, China)

Abstract: In order to reduce the exploitation of peat and improve the utilization rate of mushroom residue resources, the feasibility of mushroom residue compost as seedling substrate was explored. In this experiment, fermented mushroom residue compost was used as main material, and different volumes of cow dung compost, peat and vermiculite were added to make the compound substrates. The cucumber variety 0159 was used as the experimental material to study the application

effect of each compound substrate in cucumber seedling.

The results showed that compared with CK1 (peat substrate) and CK2 (commercial substrate), the contents of total nutrients and available nutrients of mushroom residue compost compound substrates (T1-T6) were significantly increased. Compared with CK2, the bulk density and air-water ratio of T6 substrate increased significantly. Compared with CK1, T6 substrate significantly increased plant height, stem diameter, leaf length, leaf width, underground dry weight and root-shoot ratio of cucumber

收稿日期: 2022-12-12

基金项目: 江苏现代农业产业单项技术研发项目[CX(22)3127]; 江苏省自然科学基金项目(BK20200264); 淮安市农业科学研究院高层次人才引进人才科研启动发展基金项目(002201901413); 淮安市农业科学研究院科研发展基金项目(HNY202028, HNY202130)

作者简介: 李其胜(1994-), 男, 河南焦作人, 硕士, 研究实习生, 主要从事农业废弃物资源化利用研究。(E-mail) qisheng-li12300@163.com

通讯作者: 贾艳艳, (E-mail) yyjia667-@163.com

seedlings. The comprehensive evaluation index of cucumber seedlings cultured in T6 substrate was higher than that of the control and other substrates. The plant height, leaf length and leaf width of cucumber seedlings were positively correlated with the bulk density of the substrate, and negatively correlated with the total porosity of the substrate. The relative chlorophyll content of seedlings was negatively correlated with the conductivity and the content of available phosphorus of substrate. To sum up, the compound substrate of mushroom residue compost had good physical and chemical properties and promoted the growth of cucumber seedlings. Especially, T6 substrate (30% mushroom residue compost+20% cow dung compost+30% peat+20% vermiculite) had better effect, which could be used as the compound substrate for cucumber seedlings.

Key words: mushroom residue compost; substrates; cucumber; plug seedling

无土育苗是以草炭和蛭石等通气较好的材料作为基质,并浇施营养液进行育苗的一种方法^[1]。该方法不仅可以保护根系,有效减轻病虫害,还有利于培育优质壮苗,提高幼苗的成活率和品质^[2]。传统的草炭商品基质价格高,且是不可再生资源,寻找成本低、理化特性好的材料替代草炭作为育苗基质已成为当前的研究热点^[3]。

据统计,中国年产约 1.60×10^7 t 菇渣,如能将其堆肥化处理后作为育苗基质,不仅可以减少环境污染,还能变废为宝^[4-5]。菇渣中含有丰富的多糖、蛋白质、有机质和多种酶等活性物质,且理化性质接近草炭^[6],经堆肥后适合作为育苗基质。菇渣经发酵腐熟后能够降低其盐分和有害物质含量,提高腐殖化程度,增加养分含量^[7]。田锁霞等^[6]研究了菇渣和园林废弃物堆肥的理化性质及其在黄瓜育苗中替代草炭的效果,发现其替代比例不宜超过 40%;陈贻钊等^[8]认为将海鲜菇菇渣和红泥土复配可以满足西瓜幼苗的生长要求,其中海鲜菇菇渣用量为 70% 最为适宜;董传迁等^[9]的研究结果表明,与利用秸秆堆肥和食用菇菇渣混合配制而成的草炭基质相比,玉米秸秆和棉籽壳、菇渣作为育苗基质育出的辣椒幼苗质量明显较好。

菇渣经高温堆肥后能达到无害化腐熟标准,但因其氮、磷、钾总养分含量较低,不能单独作为基质用于育苗^[10]。牛粪堆肥是牛粪经发酵腐熟后的有机肥料,其养分含量较高,是良好的育苗基质材料^[11]。前人研究结果表明,将牛粪堆肥添加园土进行育苗,可增加基质中的养分含量,显著提高蔬菜幼苗的壮苗指数和叶绿素含量^[12-14]。尽管已有相关菇渣堆肥基质研究,但菇渣堆肥和牛粪堆肥、蛭石复配基质进行果蔬类育苗研究较少,且菇渣堆肥和牛粪堆肥在养分含量、电导率等理化性质方面存在互

补优势。不同原材料的菇渣堆肥用于育苗基质的效果也存在差异。因此,本研究拟以主要成分为木屑、玉米芯和甘薯渣的菇渣堆肥搭配牛粪堆肥、草炭、蛭石进行不同配比,通过测定各配方的基质特性及其对黄瓜幼苗生长的影响,筛选出适宜黄瓜生长的最优基质配方,旨在为农业废弃物的合理利用提供新的途径。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试菇渣堆肥制备:菇渣为杏鲍菇栽培废料,其成分主要是木屑、玉米芯和甘薯渣等,经过粉碎,加入生物炭、微生物菌剂等添加剂,在泡沫箱中进行好氧发酵,堆体初始含水率调节至 60% 左右,每 2 d 翻堆 1 次,经过 21 d,各项指标显示堆肥腐熟完成。菇渣堆肥的基本理化性质如下:pH 7.90,电导率 1.75 mS/cm,有机碳含量 365.73 g/kg,全氮含量 20.60 g/kg,全磷含量 6.28 g/kg,全钾含量 17.34 g/kg,发芽指数 140%,含水率 36.34%。

供试黄瓜品种为致绿 0159,市售。供试商品基质购自淮安市柴米河有限公司。牛粪堆肥、泥炭(丹麦进口品氏泥炭)、蛭石均为市售。

1.2 试验设计

试验于 2022 年 7 月在淮安市农业科学研究院温室大棚内进行。将菇渣堆肥、牛粪堆肥、草炭和蛭石按不同比例复配,各配比组合见表 1。试验共设 8 个处理,分别以草炭基质(CK1)和市售育苗基质(CK2)为对照。基质混配后装入 50 孔育苗盘中,每穴 1 粒种子,播种后覆盖 1 cm 厚基质,每个处理 3 盘(即每处理 3 次重复,每重复 50 株幼苗)。播种完成后将基质浇透,在子叶展平期喷施复合肥(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)水溶液,含量为 0.1%,5 d 后追施 1 次。

表 1 不同基质配方

Table 1 Formulation of different substrates

基质	菇渣堆肥 (%)	牛粪堆肥 (%)	草炭 (%)	蛭石 (%)	商品基质 (%)
CK1	0	0	66	34	0
CK2	0	0	0	0	100
T1	70	10	0	20	0
T2	60	20	0	20	0
T3	50	30	0	20	0
T4	45	25	10	20	0
T5	40	20	20	20	0
T6	30	20	30	20	0

CK1:草炭基质;CK2:商品基质,主要成分为秸秆、饼粕、草炭和珍珠岩;T1~T6:菇渣堆肥复配基质。

1.3 样品采集与测定

播种后 5 d 调查各处理出苗率,待种苗长到 4 叶 1 心(播种后 20 d)后,每盘随机选取 10 株幼苗,测定株高、茎粗、叶绿素相对含量(SPAD 值)、叶长、叶宽、地上部鲜质量和地下部鲜质量。测定时小心取出幼苗及根部基质,用游标卡尺测量株高和茎粗。将地上部和地下部用剪刀剪开后置于烘箱中,烘至恒质量后称取干质量。用 SPAD 仪测定叶绿素相对含量(SPAD 值,取平均值)。根冠比和壮苗指数计算如下:

$$\text{根冠比} = \text{地下部干质量} / \text{地上部干质量} \quad (1)$$

$$\text{壮苗指数} = (\text{茎粗} / \text{株高} + \text{地下部干质量} / \text{地上部干质量}) \times \text{总干质量} \quad (2)$$

基质 pH 和电导率(EC)分别采用 pH 计和电导率仪测得;基质有机碳含量、全氮含量、全磷含量、速效磷含量和碱解氮含量的测定参照鲁如坤^[15]的方法。

基质容重和孔隙度测定参照 NY/T2118-2012 的方法:称取已知容积为 200 ml 的环刀质量,记为 M_1 ;将干燥后的基质样品加入此环刀中,称取质量,记为 M_2 ;将装满基质样品的环刀浸泡在水中 24 h,称取质量,记为 M_3 ;将环刀中水分沥干后,称取质量,记为 M_4 ,具体计算方式如下:

$$\text{容重}(\text{g}/\text{cm}^3) = (M_2 - M_1) / 200 \quad (3)$$

$$\text{总孔隙度}(\%) = (M_3 - M_2) / 200 \times 100\% \quad (4)$$

$$\text{通气孔隙度}(\%) = (M_3 - M_4) / 200 \times 100\% \quad (5)$$

$$\text{持水孔隙度}(\%) = \text{总孔隙度}(\%) - \text{通气孔隙}(\%) \quad (6)$$

$$\text{气水比} = \text{通气孔隙} / \text{持水孔隙} \quad (7)$$

1.4 黄瓜植株形态指标的综合评价

植物形态指标综合评价采用隶属函数法^[16],综合得分越高,说明植株生长效果越好。用下列公式计算:

$U(E_a) = (E_a - E_b) / (E_b - E_c)$ 。式中, $U(E_a)$ 为某一生长指标在各处理的隶属函数值; E_a 为某一生长指标的测定值, E_b 和 E_c 为该指标在各配方基质中的最大值和最小值。求各处理所有生长指标的隶属函数值的平均值,即为综合评价指数。

1.5 数据处理

采用 Duncan's 法检验各处理间的差异性($P < 0.05$)。采用 Excel 2016 和 Origin 2022b 进行制表和作图。

2 结果与分析

2.1 不同菇渣堆肥复配基质的理化性质

由表 2 和表 3 可知,各处理基质原料配比不同,其理化性质也不相同。各处理育苗基质的容重为 $0.15 \sim 0.34 \text{ g}/\text{cm}^3$,添加菇渣基质(T1~T6)的容重大于对照组,其中 T6 容重最大,CK1 容重最小。添加菇渣的基质(T1~T6)总孔隙度和持水孔隙度显著低于 CK1,尤以 T2 基质孔隙度最小。T5 基质的通气孔隙度为 9.17%,显著高于 CK2 处理,与其他处理相比无显著差异。气水比以 T5 基质最高,为 0.17。

pH 和 EC 是影响基质效果的重要指标,一般育苗基质适宜的 pH 为 5.5~7.5,适宜的 EC 值小于 $2.6 \text{ mS}/\text{cm}^{[17]}$ 。与 CK1 和 CK2 相比,添加菇渣的基质能显著增加基质 pH 和 EC。T3 基质的 pH 最高,为 7.86,显著高于 T5、T6 基质和对照。各基质的 EC 值为 $0.74 \sim 3.34 \text{ mS}/\text{cm}$,其中 T5 基质的 EC 值最大,CK1 的 EC 值最小。与对照(CK1、CK2)相比,添加菇渣堆肥的基质 T1~T6 能显著增加速效磷以及 T4~T6 基质能显著增加碱解氮含量。随着菇渣添加比例减少,基质速效养分含量也减少。CK1 的有机质含量均高于其他基质,CK2 有机质含量最低,为 $396.22 \text{ g}/\text{kg}$ 。与速效养分相似,不同基质处理全量养分差异明显,T1~T6 基质全氮和全磷含量显著高于 CK1 和 CK2 处理。

2.2 不同菇渣堆肥复配基质对黄瓜幼苗生长的影响

从表 4 可知,所有基质的黄瓜出苗率达 95%以上,其中 T6 基质出苗率最高,为 99.33%。T6 基质

黄瓜幼苗的株高、茎粗和叶长均为最高值,分别为 33.27 cm、4.71 cm 和 7.88 cm。与其他基质相比,CK2 的叶绿素相对含量最高,T6 基质次之,分别为 36.40 和 31.01,显著高于 CK1。地上部干质量和地

下部干质量以 CK2 和 T6 基质较高。由图 1 和图 2 可知,T6 基质的根冠比和壮苗指数均显著高于其他处理(壮苗指数中 CK2 除外),分别为 0.21 和 0.12。

表 2 不同茹渣堆肥复配基质的物理性质

Table 2 Physical characteristics of different mushroom residue compost compound substrates compositions

处理	容重 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	气水比
CK1	0.15±0.01d	72.27±0.42a	7.97±1.15ab	64.30±1.55a	0.12±0.02ab
CK2	0.26±0.01c	66.57±0.72ab	5.93±0.58b	60.63±0.32ab	0.10±0.01b
T1	0.28±0.01c	64.67±3.26bc	7.33±0.71ab	57.33±2.58bc	0.13±0.01ab
T2	0.29±0.01b	57.30±1.25d	7.53±0.80ab	49.77±1.73d	0.15±0.02a
T3	0.30±0.01b	58.53±2.17cd	7.37±0.58ab	51.17±2.04cd	0.14±0.01ab
T4	0.30±0.01b	63.23±3.38bcd	8.27±0.82ab	54.97±3.43bcd	0.15±0.02a
T5	0.27±0.01c	63.30±2.07bcd	9.17±0.20a	54.13±2.23bcd	0.17±0.01a
T6	0.34±0.01a	63.27±0.18bcd	8.03±0.73ab	55.23±0.68bcd	0.15±0.01a

CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示基质间差异显著($P<0.05$)。

表 3 不同茹渣堆肥复配基质的化学性质

Table 3 Chemical characteristics of different mushroom residue compost compound substrates

处理	pH	电导率 (mS/cm)	有机质含量 (g/kg)	全氮含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	全磷含量 (g/kg)	速效磷含量 (mg/kg)
CK1	5.60±0.05d	0.74±0.10d	649.42±44.38a	3.32±0.44e	437.73±3.73d	0.51±0.02d	181.55±33.94d
CK2	7.08±0.09c	1.28±0.04c	396.22±33.77c	9.69±0.67d	658.93±36.16c	2.38±0.03c	233.64±15.79d
T1	7.75±0.04a	3.07±0.15ab	529.81±69.43ab	18.99±0.79a	966.00±8.08a	4.72±0.11a	994.20±31.69a
T2	7.85±0.03a	2.78±0.06b	539.23±24.19ab	14.54±0.24b	956.67±3.73a	4.71±0.48a	826.20±36.26b
T3	7.86±0.01a	2.98±0.07ab	397.71±10.01c	13.91±0.70bc	942.67±94.63a	4.27±0.04ab	784.53±51.24b
T4	7.83±0.04a	3.09±0.17ab	493.95±63.57bc	11.37±1.38cd	870.80±34.41ab	3.93±0.47ab	811.88±37.95b
T5	7.35±0.04b	3.34±0.15a	482.03±7.00bc	13.62±1.46bc	786.80±35.45bc	3.68±0.45b	757.18±13.72b
T6	7.22±0.05bc	2.92±0.13b	447.58±29.13bc	13.33±1.00bc	798.00±28.00bc	3.91±0.17ab	632.15±39.33c

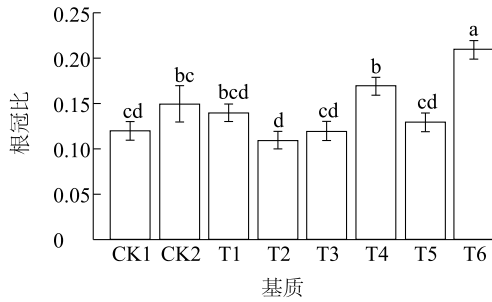
CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示基质间差异显著($P<0.05$)。

表 4 不同茹渣堆肥复配基质对黄瓜幼苗生长的影响

Table 4 Effects of different mushroom residue compost compound substrates on the growth of cucumber seedlings

处理	出苗率 (%)	株高 (cm)	茎粗 (cm)	叶长 (cm)	叶宽 (cm)	SPAD 值	地上部干质量 (g, 1 株)	地下部干质量 (g, 1 株)
CK1	98.00±0.01ab	20.63±0.78e	3.78±0.01e	5.42±0.11c	6.38±0.04b	27.93±0.21c	0.22±0.01bcd	0.03±0.01bcd
CK2	95.33±0.67c	29.71±1.03ab	4.59±0.05a	7.21±0.29ab	8.37±0.43a	36.40±1.16a	0.33±0.02a	0.05±0.01a
T1	96.00±1.15bc	24.83±2.83cd	4.16±0.13bcd	6.87±0.45b	8.23±0.61a	25.46±0.69d	0.21±0.02d	0.03±0.01bcd
T2	96.67±0.67bc	27.90±0.56bc	4.01±0.20de	7.14±0.32ab	8.36±0.50a	29.22±0.82bc	0.21±0.03cd	0.02±0.01d
T3	98.00±1.15ab	29.89±0.89ab	4.35±0.09abc	7.48±0.18ab	8.93±0.34a	27.07±0.92cd	0.22±0.02bcd	0.03±0.01cd
T4	98.00±0.01ab	22.37±1.15de	4.50±0.05ab	7.19±0.04ab	8.46±0.14a	27.16±1.10cd	0.22±0.01bcd	0.04±0.01b
T5	94.67±0.67c	30.09±0.57ab	4.10±0.19cde	7.22±0.18ab	8.39±0.27a	26.85±0.59cd	0.27±0.02ab	0.04±0.01bc
T6	99.33±0.67a	33.27±0.95a	4.71±0.03a	7.88±0.17a	9.27±0.24a	31.01±0.06b	0.27±0.01ab	0.06±0.01a

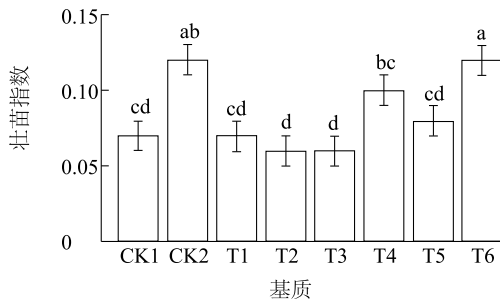
CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。同一列数据后不同小写字母表示基质间差异显著($P<0.05$)。



CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。不同小写字母表示基质间差异显著 ($P < 0.05$)。

图 1 不同菇渣堆肥复配基质对黄瓜根冠比的影响

Fig.1 Effects of different mushroom residue compost compound substrates on root-shoot ratio of cucumber



CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。不同小写字母表示基质间差异显著 ($P < 0.05$)。

图 2 不同菇渣堆肥复配基质对黄瓜壮苗指数的影响

Fig.2 Effects of different mushroom residue compost compound substrates on the healthy seedling index of cucumber

2.3 不同菇渣堆肥复配基质对黄瓜幼苗生长影响的综合评价

运用隶属函数法对各菇渣堆肥复配基质的黄瓜幼苗生长指标进行综合评价(表 5)。CK1、T3、T4 和 T6 基质的出苗率的评价系数明显高于其他基质。T6 基质的株高、茎粗、叶长和叶宽的评价系数最高,数值均为 1.00。地上部干质量和 SPAD 值评价系数以 CK2 最高,T6 基质次之。根冠比评价系数以 T6 基质最高。地下部干质量和壮苗指数评价系数以 CK2 和 T6 基质较高。

通常某一复配基质的作物生长指标评价系数越大,说明使用该复配基质育苗效果更好^[18]。在所有复配基质中,T6 基质的综合评价指数最高,数值为 0.90,其次是 CK2,综合评价指数为 0.73。综合评价指数最低的为 CK1,仅为 0.15。各复配基质下黄瓜幼苗生长综合评价指数的排序为 T6>CK2>T4>

T3>T5>T2>T1>CK1。

2.4 菇渣堆肥复配基质特性与黄瓜幼苗生长指标的相关性

对黄瓜幼苗生长指标与育苗基质的理化性质进行相关性检验,结果(表 6)显示,幼苗株高、茎粗与基质容重呈显著正相关,与有机质含量呈显著负相关;幼苗叶长、叶宽与基质容重、pH、电导率、速效磷含量、碱解氮含量、全氮含量和全磷含量呈显著正相关,与基质总孔隙度、持水孔隙度和有机质呈显著负相关;幼苗 SPAD 值和地上部干质量均与基质速效磷含量呈显著负相关;黄瓜幼苗根冠比与基质容重呈显著正相关。

3 讨论

3.1 菇渣堆肥复配对育苗基质理化性质的影响

研究表明,未经腐熟的菇渣中含有许多对作物幼苗产生毒害作用的物质,需经高温发酵堆肥后才能作为无土栽培基质^[19]。菇渣堆肥富含丰富的有机质和营养物质,可以显著提升基质的肥力,并提高幼苗成活率^[20]。基质理化特性的好坏直接关系到幼苗的生长发育^[21-22]。pH 和电导率是衡量基质能否用于育苗的重要因子^[23]。本研究中,所有处理的 pH 和 EC 值均处于适宜范围内,其中添加菇渣堆肥和牛粪堆肥处理的 EC 值偏高。浩折霞等^[14]通过试验也发现,牛粪堆肥不适宜单独作为基质,需与草炭、蛭石等按照一定的比例进行混配来降低基质 EC 值。基质的容重和孔隙度是影响幼苗根系生长的重要指标^[24]。前人研究认为,理想基质的容重为 0.2~0.8 g/cm³,总孔隙度应为 60%~90%^[25]。试验结果表明,除 T2、T3 基质,其他基质的容重、总孔隙度均在适宜范围内,添加菇渣堆肥的复配基质容重显著高于 CK1,总孔隙度、持水孔隙度均显著低于 CK1。这是因为菇渣堆肥和牛粪堆肥有着较小的比表面积和孔隙度,可以有效改良草炭基质容重小等特点^[26]。基质中养分含量的高低能够反映植物幼苗生长质量健康状况^[14]。本研究中,菇渣堆肥复配基质的全量养分和速效养分含量均显著高于草炭基质,其中菇渣堆肥添加比例最高的 T1 基质养分含量最高,这与孙朝辉等^[27]的研究结果相似,其研究结果表明菇渣堆肥复配基质的速效钾、碱解氮、速效磷含量随菇渣堆肥添加比例增加而明显上升。

表 5 不同菇渣堆肥复配基质下黄瓜幼苗生长指标的综合评价

Table 5 Comprehensive evaluation of cucumber seedling growth indicators under different mushroom residue compost compound substrates

生长指标	CK1	CK2	T1	T2	T3	T4	T5	T6
出苗率	0.71	0.14	0.29	0.43	0.71	0.71	0	1.00
株高	0	0.72	0.33	0.58	0.73	0.14	0.75	1.00
茎粗	0	0.87	0.41	0.25	0.61	0.77	0.34	1.00
叶长	0	0.73	0.59	0.70	0.84	0.72	0.73	1.00
叶宽	0	0.69	0.64	0.69	0.88	0.72	0.70	1.00
SPAD 值	0.23	1.00	0	0.34	0.15	0.16	0.13	0.51
地上部干质量	0.08	1.00	0	0	0.08	0.08	0.50	0.50
地下部干质量	0.25	0.75	0.25	0	0.25	0.50	0.50	1.00
根冠比	0.10	0.40	0.30	0	0.10	0.60	0.20	1.00
壮苗指数	0.17	1.00	0.17	0	0	0.67	0.33	1.00
综合评价指数	0.15	0.73	0.30	0.30	0.44	0.51	0.42	0.90
位次	8	2	7	6	4	3	5	1

CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。

表 6 黄瓜幼苗生长指标与基质特性相关性分析

Table 6 Correlation analysis of cucumber seedling growth indices and physical and chemical properties of substrate

指标	容重	总孔隙度	通气孔隙度	持水孔隙度	气水比	pH 值	电导率	有机质含量	全氮含量	碱解氮含量	全磷含量	速效磷含量
出苗率	0.15	0.01	0.08	-0.01	0.07	-0.13	-0.01	-0.01	-0.22	0.03	-0.05	-0.05
株高	0.56 **	-0.40 *	-0.04	-0.38	0.13	0.34	0.32	-0.44 *	0.36	0.32	0.38	0.15
茎粗	0.60 **	-0.17	-0.11	-0.14	-0.03	0.37	0.20	-0.50 *	0.17	0.15	0.29	0.03
叶长	0.83 **	-0.58 **	-0.10	-0.55 *	0.14	0.70 **	0.60 **	-0.50 *	0.57 **	0.61 **	0.66 **	0.45 *
叶宽	0.80 **	-0.57 **	-0.13	-0.52 *	0.09	0.69 **	0.58 **	-0.42 *	0.58 **	0.63 **	0.65 **	0.48 *
SPAD 值	0.06	0.19	-0.38	0.28	-0.42	-0.19	-0.49 *	-0.34	-0.29	-0.30	-0.31	-0.58 **
地上部干质量	0.12	0.08	-0.27	0.15	-0.30	-0.10	-0.26	-0.25	-0.13	-0.26	-0.19	-0.42 *
地下部干质量	0.36	0.11	-0.07	0.12	-0.12	-0.04	-0.03	-0.30	-0.02	-0.14	-0.03	-0.25
根冠比	0.43 *	0.08	0.10	0.06	0.04	0.04	0.18	-0.26	0.09	0.01	0.11	-0.01
壮苗指数	0.24	0.19	-0.13	0.22	-0.21	-0.11	-0.17	-0.23	-0.14	-0.26	-0.14	-0.36

CK1、CK2、T1、T2、T3、T4、T5、T6 见表 1。* 表示显著相关 ($P<0.05$)；** 表示极显著相关 ($P<0.01$)。

3.2 不同菇渣堆肥复配基质对黄瓜幼苗生长发育的影响

不同菇渣堆肥复配基质由于理化性质不同,其育苗效果也各不相同。前人通过将菇渣和蛭石混合配制育苗基质,发现其可以显著促进黄瓜幼苗生长、提高生物量和根系活力^[28]。赵海亮等^[13]的研究结果表明,在沙化土中添加腐熟的牛粪和菇渣,可以有效促进番茄植株生长发育,提高番茄产量。本试验测定了黄瓜幼苗的各项生长发育指标,结果表明,添加菇渣堆肥和牛粪堆肥的复配基质(T1~T6)黄瓜幼苗的株高、茎粗、叶长、叶宽及地下部干质量较

CK1 明显增加。根冠比和壮苗指数是反映幼苗质量高低的重要指标^[29-34]。本研究中,T6 基质的根冠比和壮苗指数显著高于其他处理,表明在其复配基质中黄瓜幼苗生长更健壮,根系更发达。与传统基质相比,菇渣堆肥复配基质的养分含量较高,一是因为菇渣堆肥和牛粪堆肥具有丰富的氮、磷等大量营养元素和中微量营养元素;二是因为菇渣堆肥和牛粪堆肥具有团粒结构,使得基质养分不易淋失,在育苗过程中能持续供给有效养分^[8];此外,菇渣堆肥复配基质的容重和通气孔隙度等物理性质也得到有效改善,具有保持水分和通气、促进幼苗扎根的作用。

仅通过单一指标不能准确判断在各复配基质中植株的生长质量^[35],本试验采用隶属函数法对黄瓜幼苗各生长指标进行综合评价分析,发现T6基质的综合评价指数最高,其后依次为CK2、T4、T3、T5、T2、T1、CK1,这说明植株生长综合评价指数随着菇渣用量增加而降低,尤以T6基质的30%添加量对幼苗健壮生长最为适合。不同原材料的菇渣堆肥可能对幼苗生长效果不同,如常晓晓等^[36]利用以主要成分为棉籽壳和麦糠的菇渣作为基质育苗,结果表明,菇渣和蛭石3:1复合基质的幼苗综合评价系数最高。而陈菲等^[37]认为,菇渣粒径大小是影响基质理化特性的重要因素,粒径不同对基质育苗效果影响也不同。

3.3 菇渣堆肥复配基质理化性质与黄瓜幼苗生长指标的相关性

本研究中,黄瓜幼苗叶长、叶宽与基质养分含量(氮、磷)呈显著正相关关系,说明较高的基质养分含量有利于植株叶片生长,促进幼苗生长发育^[38]。株高、叶长、叶宽与基质的容重呈显著正相关关系,与基质总孔隙度呈显著负相关关系,这和前人的研究结果相似,容重大,基质总孔隙度小,有利于幼苗扎根,促进幼苗健壮^[39]。叶片SPAD值与基质电导率、速效磷含量呈显著负相关关系,这是因为随着菇渣堆肥添加比例的增加,复配基质中的速效磷含量增加,但同时也增加了基质中可溶性盐含量,盐分含量较高可能会抑制光合作用过程中各种酶的活性,影响叶片光合作用,不利于叶绿素的形成。这与李蒙等^[39]采用砻糠灰混配基质在甜瓜栽培上的应用研究结果相反,其结果表明EC值越大,SPAD值也越大,这是因为砻糠灰较菇渣堆肥养分含量少且EC值小,EC值增大不会对幼苗造成毒害,且会增加基质中的营养物质,促进幼苗有机物质的合成,从而增加黄瓜幼苗的叶绿素相对含量。

4 结论

本试验中,T6基质(30%菇渣堆肥+20%牛粪堆肥+30%草炭+20%蛭石)各项理化指标值均在理想基质要求的适宜范围内,且黄瓜幼苗的出苗率、株高、茎粗和壮苗指数等生长指标均优于其他基质,因此可以考虑将T6基质作为黄瓜穴盘育苗的推荐菇渣堆肥复配基质。

参考文献:

- [1] 郭孟报,杨明金,刘 斌,等.我国蔬菜育苗产业现状及发展动态[J].农机化研究,2015,37(1):250-253.
- [2] 殷泽欣,张 璐,郝 丹,等.牛粪堆肥替代泥炭用于3种茄科植物育苗的可行性[J].浙江农业学报,2021,33(9):1700-1709.
- [3] 刘欣宇,宋 鹏,林永锋,等.餐厨堆肥与泥炭配比用于黄瓜育苗基质的研究[J].山西农业大学学报(自然科学版),2022,42(1):35-42.
- [4] 张 野,何铁光,何永群,等.农业废弃物资源化利用现状概述[J].农业研究与应用,2014(3):64-67.
- [5] LI X W, XIA H T, WANG J W, et al. Nutrient uptake and assimilation in fragrant rosewood seedlings in growing media with uncomposted spent mushroom residue[J]. PLoS One, 2021, 16(4): e249534.
- [6] 田锁霞,陈 清,龚建英,等.蘑菇渣和园林废物堆肥复配基质在黄瓜育苗上的应用效果[J].中国蔬菜,2011(12):37-41.
- [7] 周江明,王利通,徐庆华,等.适宜猪粪与菌渣配比提高堆肥效率[J].农业工程学报,2015,31(7):201-207.
- [8] 陈贻钊,谢 宇,赵依杰,等.海鲜菇渣复合红泥土基质对西瓜育苗的影响[J].热带作物学报,2017,38(6):1016-1021.
- [9] 董传迁,尹程程,魏 珉,等.玉米秸秆、棉籽壳菇渣替代草炭作为番茄和甜椒育苗基质研究[J].中国蔬菜,2014(8):33-37.
- [10] 吉春明,黄年生,张小祥,等.基于食用菌菇渣为机插秧育苗基质的堆肥研究[J].天津农业科学,2021,27(8):76-80.
- [11] 杨龙元,袁巧霞,刘志刚,等.牛粪好氧和蚯蚓堆肥腐熟料成型基质块制备及育苗试验[J].农业工程学报,2016,32(24):226-233.
- [12] 张婷婷,李 娟,刘 娜,等.牛粪和菇渣配比的复合基质对黄瓜幼苗生长的影响[J].西南农业学报,2022,35(9):1-16.
- [13] 赵海亮,王玉萍,邹志荣,等.牛粪与菇渣配合施用对番茄沙化栽培基质的改良效果[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2013,41(7):189-194.
- [14] 浩折霞,黄大鹏,顾少华,等.酒糟-牛粪堆肥复配瓜果类蔬菜育苗基质配方筛选[J].南京农业大学学报,2017,40(3):457-463.
- [15] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [16] 王高飞,刘鸿雁,邢 丹,等.育苗基质添加辣椒秆生物炭对辣椒幼苗生长与养分的影响[J].西南农业学报,2022,35(3):543-549.
- [17] 王彩云,武春成,闫立英,等.不同营养基质栽培对黄瓜生长及产量的影响[J].安徽农业科学,2018,46(26):51-53.
- [18] 王勤礼,闫 芳,韩玉琦,等.基于姬菇菌糠为主的番茄育苗基质配方研究[J].中国农学通报,2021,37(24):133-138.
- [19] 白永娟.菇渣腐熟发酵条件及其在蔬菜育苗中的应用效果研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2016.

- [20] 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.
- [21] 任杰,崔世茂,刘杰才,等. 不同基质配比对黄瓜穴盘育苗质量的影响[J]. 华北农学报, 2013, 28(2): 128-132.
- [22] MENG X Y, DAI J L, ZHANG Y, et al. Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings [J]. Journal of Environmental Management, 2018, 216:62-69.
- [23] 孙建磊,吕晓惠,赵西,等. 椰糠与蛭石不同对比对番茄穴盘苗生长的影响[J]. 中国蔬菜, 2016(5): 45-48.
- [24] 代惠洁,纪祥龙,杜迎刚. 椰糠替代草炭作番茄穴盘育苗基质的研究[J]. 北方园艺, 2015(9): 46-48.
- [25] 刘忠华,赵帅翔,刘会芳,等. 蚯蚓粪复合基质对番茄穴盘育苗影响的试验研究[J]. 中国土壤与肥料, 2019(4): 208-212.
- [26] 陈菲,李胜利,孙治强. 不同粒径有机基质对黄瓜育苗效果的研究[J]. 北方园艺, 2015(8): 42-45.
- [27] 孙朝辉,张文静,孙令强,等. 木屑菇渣复配基质理化性状分析及其对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 山东农业科学, 2016, 48(11): 43-46.
- [28] 徐诚,杨建超,杨鸿基,等. 不同基质配比对黄瓜穴盘育苗的影响[J]. 陕西农业科学, 2021, 67(6): 38-41.
- [29] 张金菊,郭有燕,田青,等. 黑果枸杞根系构型对干旱胁迫的响应机制[J]. 南方农业学报, 2022, 53(8): 2215-2223.
- [30] 刺世凯,李佳璠,杜丽春,等. 温室黄瓜育苗中生物菌肥的促根壮秧及化肥减施效果[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(2): 469-475.
- [31] 古君禹,王秋君,孙倩,等. 农林废弃物堆肥产物复配黄瓜育苗基质配方筛选[J]. 江苏农业学报, 2022, 38(5): 1238-1247.
- [32] ZHANG R H, DUAN Z Q, LI Z G. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings [J]. Pedosphere, 2012, 22(3): 333-342.
- [33] 胡晨曦,张甜,陈刚,等. 不同嫁接方式对西瓜幼苗生长和生理的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(1): 139-143.
- [34] 杨璐,周蓓蓓,侯亚玲,等. 枯草芽孢杆菌菌剂对盐胁迫下冬小麦生长与土壤水氮分布的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2021, 39(5): 517-524.
- [35] 龚小强,李素艳,李燕,等. 绿化废弃物好氧堆肥和蚯蚓堆肥作为蔬菜育苗基质研究[J]. 浙江农林大学学报, 2016, 33(2): 280-287.
- [36] 常晓晓,白永娟,徐炜南,等. 农业废弃物基质对黄瓜育苗的效果[J]. 西北农业学报, 2017, 26(10): 1492-1498.
- [37] 陈菲,梁芳芳,李胜利,等. 菇渣复配基质对番茄育苗品质的影响[J]. 北方园艺, 2021(24): 38-44.
- [38] 李海燕,李絮花,王克安,等. 蘑菇渣替代草炭的栽培基质对番茄幼苗氮素状况的影响[J]. 中国农学通报, 2011, 27(31): 244-247.
- [39] 李蒙,李亚琼,李亮杰,等. 砻糠灰不同配比的草炭基质特性及其对甜瓜生长生理及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(4): 84-92.

(责任编辑:陈海霞)