

以木薯渣为主要原料的黄瓜无土栽培基质研究^①

徐刚¹, 高文瑞¹, 彭天沁^{1,2}, 李德翠¹, 孙艳军¹, 韩冰¹, 史珑燕¹

(1 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 南京 210014; 2 南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要:以草炭:蛭石=2:1为对照,并以木薯渣为主要基质材料,与蛭石、菌糠和草炭按不同体积比混合,通过研究不同复配基质的理化性质及其作为栽培基质对黄瓜的生长、产量及品质的影响,筛选黄瓜生长的最佳基质配方。结果表明:T1(木薯渣:蛭石:草炭=2:1:1)和T4(木薯渣:草炭=1:1)复配基质的pH呈弱酸性,且其他理化指标均最接近理想基质。使用复配基质栽培黄瓜后,T1和T4处理黄瓜的株高、茎粗、叶片数、叶面积、叶绿素含量、产量、果实可溶性固形物含量、可溶性糖含量和抗坏血酸含量等指标都显著优于对照,结合环境和经济因素方面考虑,在生产上推荐使用草炭比例更低的T1(木薯渣:蛭石:草炭=2:1:1)作为黄瓜的栽培基质。

关键词:木薯渣;复合基质;黄瓜;生长发育

中图分类号:S143

随着生产力水平的提高,地球上人口快速增长,这对有限的土地资源造成了巨大的压力,而无土栽培技术的发展是解决该问题的一条有效途径。无土栽培包括水培、雾(气)培和基质栽培,其中,基质栽培为无土栽培的主要形式,目前世界上约90%的无土栽培为基质栽培^[1]。草炭为广泛使用的基质栽培原料,但草炭受产地限制,运输成本高,并且草炭属于不可再生资源,长期过量开采会对环境造成毁灭性的破坏。因此,开发有机固体废弃物作为基质栽培的原料已成为一大趋势。大量研究表明,玉米秸秆^[2]、糠醛渣^[3]、椰糠^[4]、醋糟^[5]、木屑^[6]等,在经过发酵堆肥后,均可作为栽培基质在生产上使用。

木薯渣是木薯生产加工成淀粉或酒精后产生的废弃物,按照当前的生产水平估算,我国每年加工木薯成淀粉产品后的木薯渣有30万吨,加上加工成酒精等其他产品后的木薯渣,总计达150万吨^[7]。木薯渣含有丰富的矿质元素(包括C、N、P、K、Ca、Mg、S、Zn、Mn、Cu、Fe和Na),通过无氧发酵后,可以转化为无污染且富含养分和微生物的物质,用作无土栽培基质的原料^[8]。本试验以黄瓜为试材,将发酵后的木薯渣与菌糠、蛭石、草炭等以不同体积比例混合,研究了不同配方的复配基质对黄瓜的生长、产量和品质的影响,以期探讨出合理开发利用木薯渣的科学途径,并获得栽培优质黄瓜的基质配方。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试黄瓜(*Cucumis sativus* L.)品种为“露丰”。采用桶栽方式,桶高26.5 cm,直径为31 cm,每桶内装满6 kg基质。实验所使用的木薯渣、菇渣、草炭和蛭石均购自于连云港恒奥达肥料科技有限公司。

1.2 试验设计

桶栽试验于2013年1—5月在江苏省农业科学院六合基地大棚内进行。2013年1月20日,选择饱满的、大小一致的黄瓜种子,采用60孔穴盘基质,在电床上进行育苗。2013年2月18日,黄瓜幼苗2叶1心时定植。每桶内定植1株,每个处理15株,3次重复,随机排列。定植后浇灌清水。

不同处理的混合基质配方见表1。

表1 混合基质的配方(体积比)
Table 1 The volumetric ratios of different substrates

处理	木薯渣	草炭	菌糠	蛭石
T1	2	1	—	1
T2	1	—	2	1
T3	2	—	1	1
T4	1	1	—	—
T5	3	—	—	1
CK	—	2	—	1

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金项目[CX(14)2035]和江苏省农业科技支撑计划项目(BE2014387)资助。

作者简介:徐刚(1963—),男,江苏东台人,博士,研究员,主要从事蔬菜设施栽培技术及相关栽培生理等研究。E-mail: xugang90@163.com

1.3 测定项目及方法

1.3.1 定植前基质体积质量、孔隙度的测定 将基质烘干至恒重,装入一定体积(V)、一定重量(W)的烧杯称总重(W_1),体积质量 $= (W_1 - W) / V$ 。将烘干基质装入一定体积(V)、一定重量(W)的塑料杯称总重(W_2)中加水至饱和状态,饱和水状态下称重(W_3),将容器上口用一已知重量(W_4)的纱布包住,将烧杯倒置,让杯中水分流出,放置 6 h 左右,直至容器中没有水分渗出,称重(W_5);总孔隙度(TP) $= (W_3 - W_4 - W_2) / V \times 100\%$;通气孔隙度(AP) $= (W_3 + W_4 - W_5) \times 100\%$;持水孔隙度(WHP) $=$ 总孔隙度 $-$ 通气孔隙度。

1.3.2 定植前基质 pH、EC 值测定 将烘干基质(质量)与去离子水(体积)以 1:5 比例相混合,浸泡 1 h 后用 85-2 型恒温磁力搅拌器搅拌 5 min,取滤液,用 IS128 型 pH 计(上海仪迈仪器科技有限公司)和 DDS-11A 型 EC 计(上海康仪仪器有限公司)分别测定 pH、EC 值。

1.3.3 定植前基质养分的测定 使用 $H_2SO_4-H_2O_2$ 消煮法对烘干基质进行消煮,制备待测液。使用蒸馏法测定全氮含量;钼钼黄比色法测定全磷含量;火焰光度法测定全钾含量;使用碱解扩散法测定速效氮含量;碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法测定速效磷含量;乙酸铵提取-火焰光度法测定速效钾含量;有机质使用重铬酸钾容量法测定^[9]。

1.3.4 黄瓜植株生长势、叶绿素含量的测定 定植 30 天后测定植株的生长指标,包括株高、茎粗、叶片数、叶长和叶宽。采用叶长和叶宽与叶面积的经验函数计算黄瓜叶面积,叶面积 $= 14.61 - 5L + 0.94L^2 + 0.47K + 0.63K^2 - 0.62LK$ ^[10] (L 为最大叶长, K 为最

大叶宽,单位均为 cm)。每隔 10 天测定一次,共测定 4 次。取生长点下第 5 片展开真叶,采用丙酮:乙醇:水 $= 4.5:4.5:1.0$ (体积比)混合液浸提法^[11]测定叶绿素含量。

1.3.5 黄瓜产量和品质的测定 黄瓜分批采收,并统计产量。选择同一节位的果实测定品质。将果实称重,并测量果长。取汁液,使用日本京都电子 KEM 数显手持便携式糖度计(RA-250HE)测定可溶性固形物;可溶性糖用蒽酮比色法测定^[12];AsA 含量用红菲罗啉测定^[13];硝酸盐含量用锌粒还原法测定^[14];有机酸含量用 NaOH 滴定法测定^[15]。

1.4 数据分析

采用 Excel 软件绘图,采用 SPSS 软件进行显著性测验,Duncan's 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同基质配方的理化性质分析

适宜黄瓜无土栽培基质的体积质量为 0.5 g/cm^3 左右,总孔隙度在 $60\% \sim 80\%$,EC 值应小于 $2000 \mu\text{S/cm}$,pH 6.0 左右^[1]。木薯渣的体积质量为 0.40 g/cm^3 ,总孔隙度偏低,pH 偏高,需要与其他基质混合,以综合改善其理化性状。从表 2 可以看出,处理 T1 和 T5 的体积质量均高于单独的木薯渣基质;对照和 T1, T4, T5 的总孔隙度均处于理想基质范围内;T2 的持水孔隙度最低,仅为 24.4%;各处理和对照的 EC 值均小于 $2000 \mu\text{S/cm}$,EC 值排序为 $T2 > T3 > T5 > T4 > T1 > CK$,T1, T4 和对照的 pH 为弱酸性,其中 $T4 < CK < T1$;而 T2, T3 和 T5 的 pH 均大于 7,呈弱碱性,其中 $T2 > T3 > T5$ 。

表 2 不同配方基质的理化性质
Table 2 Physical and chemical properties of different substrate formulas

基质和处理	体积质量 (g/cm^3)	总孔隙度 (%)	持水孔隙度 (%)	通气孔隙度 (%)	EC ($\mu\text{S/cm}$)	pH
木薯渣	$0.40 \pm 0.01 \text{ c}$	$54.4 \pm 0.7 \text{ f}$	$36.9 \pm 0.4 \text{ f}$	$17.5 \pm 1.1 \text{ d}$	$1114.33 \pm 6.03 \text{ d}$	$7.54 \pm 0.03 \text{ bc}$
草炭	$0.21 \pm 0.00 \text{ f}$	$61.4 \pm 0.5 \text{ d}$	$51.2 \pm 0.9 \text{ a}$	$10.2 \pm 1.4 \text{ e}$	$479.33 \pm 10.60 \text{ g}$	$5.13 \pm 0.26 \text{ h}$
菌糠	$0.39 \pm 0.01 \text{ c}$	$27.5 \pm 0.9 \text{ g}$	$17.9 \pm 0.5 \text{ i}$	$9.6 \pm 0.3 \text{ e}$	$1974.33 \pm 21.36 \text{ a}$	$8.88 \pm 0.03 \text{ a}$
蛭石	$0.57 \pm 0.02 \text{ a}$	$64.7 \pm 1.6 \text{ bc}$	$38.7 \pm 1.6 \text{ e}$	$26.0 \pm 0.2 \text{ b}$	$44.67 \pm 5.69 \text{ h}$	$7.02 \pm 0.09 \text{ d}$
T1	$0.43 \pm 0.00 \text{ b}$	$65.5 \pm 0.2 \text{ bc}$	$38.6 \pm 0.2 \text{ e}$	$26.9 \pm 0.3 \text{ b}$	$780.67 \pm 22.81 \text{ f}$	$6.46 \pm 0.12 \text{ e}$
T2	$0.39 \pm 0.03 \text{ c}$	$54.3 \pm 1.2 \text{ f}$	$24.4 \pm 0.6 \text{ h}$	$29.9 \pm 0.7 \text{ a}$	$1402.33 \pm 17.00 \text{ b}$	$7.73 \pm 0.07 \text{ b}$
T3	$0.38 \pm 0.01 \text{ cd}$	$57.9 \pm 0.2 \text{ e}$	$34.6 \pm 0.4 \text{ g}$	$23.3 \pm 0.6 \text{ c}$	$1242.00 \pm 22.61 \text{ c}$	$7.45 \pm 0.14 \text{ c}$
T4	$0.32 \pm 0.01 \text{ e}$	$64.2 \pm 0.3 \text{ c}$	$47.7 \pm 0.8 \text{ b}$	$16.5 \pm 1.0 \text{ d}$	$979.33 \pm 23.18 \text{ e}$	$5.57 \pm 0.09 \text{ g}$
T5	$0.43 \pm 0.00 \text{ b}$	$66.4 \pm 2.5 \text{ b}$	$43.2 \pm 0.8 \text{ d}$	$23.2 \pm 2.6 \text{ c}$	$970.67 \pm 44.38 \text{ e}$	$7.15 \pm 0.03 \text{ d}$
CK	$0.36 \pm 0.00 \text{ d}$	$68.6 \pm 0.1 \text{ a}$	$45.4 \pm 0.3 \text{ c}$	$23.2 \pm 0.3 \text{ c}$	$82.03 \pm 24.68 \text{ h}$	$5.89 \pm 0.14 \text{ f}$

注:表中数据为 3 次重复的平均值;同列数据小写字母不同表示处理间差异显著($P < 0.05$),下同。

2.2 不同基质配方的养分含量分析

从表 3 可以看出,全氮含量 :T4>T2>T3>T5>T1>CK ;全磷含量和全钾含量 :T2>T3>T5>T1>CK>T4 ;

速效氮含量 :T4>T5>T1=T3>T2>CK ;速效磷含量 :T3>T4>T5>T1>T2>CK ;速效钾含量 :T4>T2>T3>T5>T1>CK ;有机质含量 :T4>T2>T3>T5>T1>CK。

表 3 不同配方基质的主要养分含量
Table 3 The macro-nutrient contents of different substrate formulas

处理	全氮 (g/kg)	全磷 (g/kg)	全钾 (g/kg)	速效氮 (g/kg)	速效磷 (g/kg)	速效钾 (g/kg)	有机质 (g/kg)
T1	5.73	4.88	14.31	1.06	0.555	0.74	151.8
T2	12.05	6.33	18.27	0.85	0.458	1.44	241.4
T3	8.38	5.87	17.96	1.06	0.583	1.34	235.9
T4	19.07	4.10	6.31	1.65	0.561	1.52	758.0
T5	7.03	5.47	16.97	1.29	0.544	0.98	176.6
CK	2.23	5.45	13.3	0.15	0.223	0.18	72.3

2.3 不同基质配方对黄瓜叶绿素含量和生长势的影响

叶绿素含量反映了植株体内的氮素营养情况,同时叶绿素在植物的光合作用过程中起着接受和转换能量的作用^[16]:叶绿素含量高,说明植株的代谢水平高,合成的有机物多,有利于植株的旺盛生长。从表 4 中看出:所有处理中,处理 T2 的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和叶绿素总含量最少,与对照差异不显著;处理 T1 和 T4 的叶绿素 a 含量均显著高于对照及其他处理,处理 T1、T4 和 T5 的叶绿素 b 含量和叶绿素总含量均显著高于对照及其他处理。

表 4 不同基质配方对黄瓜叶绿素含量的影响
Table 4 Effects of different substrate formulas on chlorophyll contents of cucumbers

处理	叶绿素 a 含量 (μg/g, FW)	叶绿素 b 含量 (μg/g, FW)	叶绿素含量 (μg/g, FW)
T1	0.70 ± 0.06 a	0.31 ± 0.06 a	1.01 ± 0.12 a
T2	0.31 ± 0.03 d	0.04 ± 0.01 c	0.35 ± 0.02 c
T3	0.40 ± 0.02 c	0.20 ± 0.03 b	0.60 ± 0.04 b
T4	0.71 ± 0.04 a	0.31 ± 0.08 a	1.02 ± 0.11 a
T5	0.58 ± 0.02 b	0.33 ± 0.03 a	0.91 ± 0.04 a
CK	0.29 ± 0.03 d	0.05 ± 0.00 c	0.34 ± 0.03 c

株高是植株生长的主要表现之一,株高的增长通常伴随着茎粗的扩大、叶片数的增多和叶面积的增大,茎粗在一定程度上体现了植株的健壮程度,而叶片与植株的光合作用有着密切关系。图 1 可看出,不同基质配方栽培对黄瓜的株高有不同的影响。处理 T1 的株高最高,与处理 T4 显著高于对照, T2 和 T3 的株高均显著低于其他处理。由图 2 中看出,定植第 20 天时, T4 的茎粗最大,显著高于其他处理;定植第 30~40 天时, T1 的茎粗开始迅速增长,与处理 T4 无显著差异;处理 T2 的茎粗最小。由图 3 和图 4

中可发现,处理 T1 和 T4 在定植 20~40 天后生长迅速,叶片数和叶面积均显著高于其他处理,并且 T1 的叶面积最大;处理 T2 生长缓慢,叶片数与叶面积最低,与对照差异不显著。

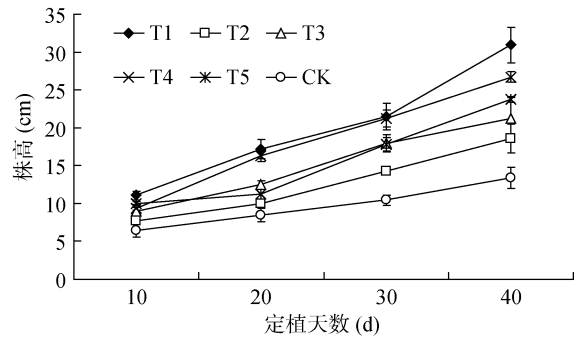


图 1 不同基质配方对黄瓜株高的影响
Fig. 1 Effects of different substrate formulas on plant height of cucumber

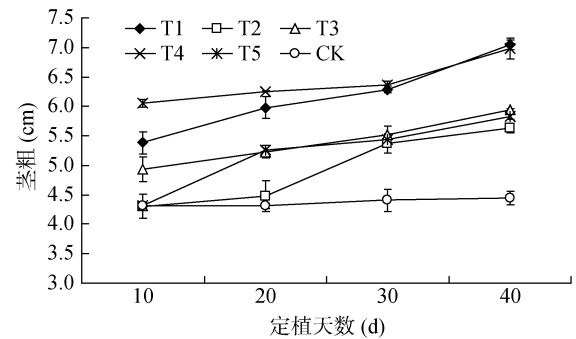


图 2 不同基质配方对黄瓜茎粗的影响
Fig. 2 Effects of different substrate formulas on stem diameter of cucumber

2.4 不同基质配方对黄瓜产量和品质的影响

表 5 中可以看出,不同的基质配方对黄瓜的产量有影响。处理 T2 的总产量比 CK 减少了 67.21%,处理 T3 的总产量比 CK 减少了 44.26%。处理 T1、T4 和 T5 的总产量较 CK 分别增产了 7.36, 7.25 和 2.02 kg,

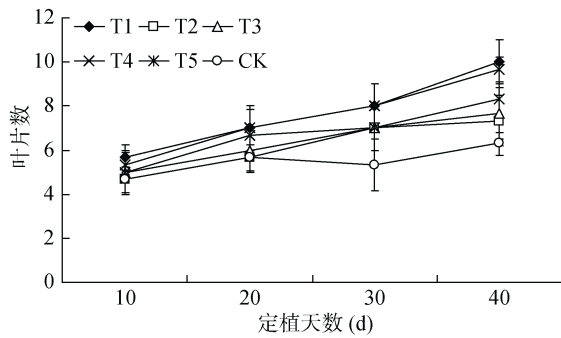


图 3 不同基质配方对黄瓜叶片数的影响
Fig. 3 Effects of different substrate formulas on leaf number of cucumber

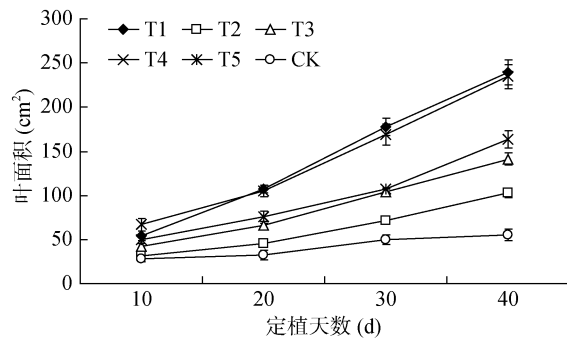


图 4 不同基质配方对黄瓜叶面积的影响
Fig. 4 Effects of different substrate formulas on leaf area index of cucumber

表 5 不同基质配方对黄瓜产量的影响
Table 5 Effects of different substrate formulas on yield of cucumber

处理	总条数	总产量 (kg)
T1	32.67 ± 2.08 a	7.97 ± 0.95 a
T2	1.67 ± 1.52 d	0.20 ± 0.18 c
T3	2.67 ± 2.31 d	0.34 ± 0.30 c
T4	34.33 ± 1.15 a	7.86 ± 1.61 a
T5	17.00 ± 3.61 b	2.63 ± 0.45 b
CK	8.33 ± 3.52 c	0.61 ± 0.21 c

其中, 处理 T1 和处理 T4 的增产幅度较大, 结瓜总条数和总产量显著高于对照和其他处理。

不同基质配方对黄瓜果实的品质影响较大。从表 6 中看出, 处理 T1 和 T4 的单果长、单果重、可溶性固形物含量、可溶性糖含量和抗坏血酸含量显著高于对照和其他处理; T1 的可溶性固形物含量最高, 为 3.17%; 处理 T5 的可溶性固形物含量最低, 与对照差异不显著; 处理 T1 的抗坏血酸含量最高, 为 442.3 mg/kg; 各处理和对照之间的硝酸盐含量差异均不显著; 处理 T4 的有机酸含量显著高于对照和其他处理。处理 T2 和 T3 结果较少, 且结果周期长, 所以未能得到同批的果实测定其品质指标。

表 6 不同基质配方对黄瓜品质的影响
Table 6 Effects of different substrate formulas on nutritive quality of cucumber

处理	单果长 (cm)	单果重 (g)	可溶性固形物 (%)	可溶性糖含量 (mg/kg, FW)	抗坏血酸含量 (mg/kg, FW)	硝酸盐含量 (mg/kg, FW)	有机酸 (%)
T1	27.77 ± 1.71 a	179.55 ± 23.81 a	3.17 ± 0.06 a	871.8 ± 75.2 a	442.3 ± 11.7 a	38.32 ± 3.42 a	1.29 ± 0.05 b
T4	27.33 ± 2.48 a	178.89 ± 44.48 a	3.10 ± 0.00 a	875.7 ± 34.8 a	435.4 ± 18.1 a	42.41 ± 3.36 a	1.49 ± 0.08 a
T5	23.93 ± 3.65 a	110.84 ± 9.11 b	2.77 ± 0.12 b	748.8 ± 61.6 b	417.2 ± 6.3 ab	43.26 ± 0.73 a	1.29 ± 0.10 b
CK	18.33 ± 9.59 b	93.46 ± 19.52 b	2.90 ± 0.10 b	500.6 ± 68.0 c	392.1 ± 26.9 b	41.99 ± 3.36 a	1.23 ± 0.09 b

3 结论与讨论

栽培基质分为无机基质、有机基质和有机无机混合基质。无机基质一般养分含量低, 靠营养液或者肥料供给才能满足植株的生长需要, 同时, 无机基质的缓冲性较小, 对设施和营养液的管理要求相对严格, 应用成本相对偏高。有机基质的理化性状变化较大, 但稳定性和缓冲性强, 有利于根系生长, 同时含有丰富的微量元素^[17]。在生产上, 常将 2~3 种不同类型的基质混合后使用, 可以扬长避短, 在水、气、肥协调方面优于单一基质的使用。研究表明, 混合基质自身的转化释放就能提供植株对 Ca、Fe、Mn、Zn、Cu 等微量元素的吸收, 生产过程中仅需补充 N、P、K 等大量元素, 就能满足植株的正常生长发育需要, 获得理想的栽培效果^[18]。

木薯渣作为一种栽培基质, 体积质量和总孔隙度等理化性状上不能同时达到理想基质的标准, 需要与其他有机无机基质混合以作改善。木薯渣与蛭石混合后, 由于蛭石的体积质量较高, 能使混合基质的体积质量增加; 木薯渣与草炭混合, 改善了基质的 pH, 使其处于适合作物生长的范围内。处理 T1(木薯渣: 草炭: 蛭石=2: 1: 1)的体积质量为 0.43 g/cm³, 总孔隙度为 65.5%, 持水孔隙度为 38.6%, 通气孔隙度为 26.9%, 电导率为 781 μS/cm, pH 为 6.46, 与理想基质较接近。没有添加蛭石的处理 T4(木薯渣: 草炭=1: 1), 体积质量低于对照和其他处理; 添加了菌糠的处理 T2(木薯渣: 菌糠: 蛭石=1: 2: 1)和 T3(木薯渣: 菌糠: 蛭石=2: 1: 1), 体积质量、总孔隙度和持水孔隙度均较低, pH 均为弱碱性, 研究表明, 较高的基质 pH 不适合作物的生长^[19]。

处理 T1(木薯渣：草炭：蛭石=2：1：1)和 T4(木薯渣：草炭=1：1)的黄瓜生长特性表现最好,在叶绿素含量和产量品质方面也较优,处理 T5(木薯渣：蛭石=3：1)次之。处理 T4 在物理性质上次于 T1,但基质内的全氮含量和速效氮含量为所有处理中最高,而氮是植株的生命元素,是蛋白质、核酸、叶绿素和纤维素等的重要组成元素,从而有利于植株光合作用的提高,增加植株的碳水化合物,增加产量^[20]。但处理 T4(木薯渣：草炭=1：1)中草炭占混合基质比例的 50%,高于处理 T1(木薯渣：草炭：蛭石=2：1：1)中 25%的草炭比例。从经济效益和环境因素等综合考虑,选择处理 T1(木薯渣：草炭：蛭石=2：1：1)作为黄瓜的栽培基质,在此基础上开展进一步的研究。

参考文献：

- [1] 朱世东, 赵国荣, 丁飞. 大棚黄瓜基质栽培研究[J]. 安徽农业科学, 2000, 28(5): 653-654
- [2] 姜虹, 杨红, 涂祥敏, 赖卫, 余文中, 詹永发, 刘崇政. 玉米秸秆发酵基质不同配比对辣椒育苗效果的影响[J]. 中国园艺文摘, 2012, 28(2): 9-10
- [3] 闫治斌, 秦嘉海, 金自学. 糠醛渣全营养混合基质理化性质及对茄子生长发育和产量的影响[J]. 土壤通报, 2008, 39(3): 715-717
- [4] Abad M, Noguera P, Puchades R, Maqierira A, Noguera V. Physico-chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants[J]. Bioresource Technology, 2002, 82(3): 241-245
- [5] 刘超杰, 郭世荣, 王长义, 束胜, 刘书仁, 程玉静. 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(4): 559-566
- [6] 王明祖, 杜建军, 李永胜, 谢勇. 木屑复合基质的理化性质及其在黄瓜栽培上的效果研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2005, 18(3): 20-23
- [7] 刘平. 木薯渣饲料资源化开发研究[J]. 养殖与饲料, 2009(1): 55-59
- [8] Barana AC. Avaliação de Tratamento de Manipueira em Biodigestores Fase Acidogênica e Metanogênica[M]. Botucatu: UNESP/FCA, 2000
- [9] 南京农业大学. 土壤农化分析. 2 版[M]. 北京: 农业出版社, 1981
- [10] Suzanne NR, David MP. Leaf area prediction model for cucumber from linear measurements[J]. Journal of Horticulture Science, 1987, 22(6): 1 264-1 266
- [11] 黄占斌, 辛小桂, 宁荣昌, 祝光富. 保水剂在农业生产中的应用与发展趋势[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 11-14
- [12] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998
- [13] Arakawa N, Tsutsumi K, Sanceda NG, Kurata T, Inagaki C. A rapid and sensitive method for the determination of ascorbic acid using 4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline[J]. Agric. Biol. Chem., 1981, 45: 1 289-1 290
- [14] 卢其明, 陈颖, 廖宗文. 紫外分光光度法测定蔬菜硝态氮的改进[J]. 华南农业大学学报, 1997, 18(4): 104-106
- [15] Krause GH, Weis E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 1991, 42: 313-349
- [16] 郭世荣, 李式军, 程斐, 马娜娜. 有机基质培在蔬菜无土栽培上的应用研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 89-92
- [17] 蒋卫杰, 郑光华, 汪浩, 白纲义, 辛燕. 有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础[J]. 园艺学报, 1996, 23(2): 139-144
- [18] 王虹, 徐刚, 高文瑞, 李德翠, 于利, 孙艳军. 中药渣有机基质配比对辣椒生长及产量、品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(6): 1 301-1 304
- [19] 陆景陵. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994

Studies on Cassava Residue Formula of Soilless Substrate in Cucumber

XU Gang¹, GAO Wen-rui¹, PENG Tian-qin^{1,2}, LI De-cui¹, SUN Yan-jun¹, HAN Bing¹, SHI Long-yan¹

(1 Institute of Vegetable Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing 210014, China;

2 College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

Abstract: An experiment was conducted to study the physicochemical properties of different compound substrates and to select the proper substrate formula to cultivate cucumber by using vermiculite : turf = 2 : 1 as control and using cassava residue mixed with turf, mushroom residue and vermiculite in different volume ratios. The results showed that T1 (cassava residue : vermiculite : turf = 2 : 1 : 1) and T4 (cassava residue : turf = 1 : 1) had weak acidic pH and their other physicochemical properties were most close to the ideal matrix. When these compound substrates were used to cultivate cucumber, plant height, stem diameter, leaf area, chlorophyll content, yield, soluble solid, soluble sugar, ascorbic acid content and other indexes of T1 and T4 were significantly better than the control. The recommendation was to use T1(cassava residue : vermiculite : turf = 2 : 1 : 1), which uses less turf, as the cultivation substrate of cucumber in consideration of economic and environmental protection.

Key words: Cassava residue; Compound substrate; Cucumber; Growth and development