

doi:10.11937/bfyy.20181796

煤矸石等组成的栽培基质对 四种蔬菜品质的影响

童贯和, 罗 勋, 刘天骄

(淮南师范学院 生物工程学院, 安徽 淮南 232038)

摘 要:以煤矸石、腐熟油菜秸秆等废弃资源为原料, 分别设置煤矸石: 腐熟油菜秸秆的体积比为 2:8、3:7、4:6、5:5、6:4 配制成 5 种混合基质, 以菜园土为对照, 在人工光照室内以盆栽的方法栽培白菜、生菜、菠菜和苋菜等 4 种叶菜类蔬菜, 分别于定植后 30 d 和 55 d 测定植株体内的硝酸盐、维生素 C、可溶性糖及有机酸的含量, 研究煤矸石、腐熟油菜秸秆按不同配方组成的混合基质的理化性质, 以及栽培在混合基质上的 4 种蔬菜品质特性, 以期评价出混合基质的最佳配方。结果表明: 5 种混合基质的容重较低, 水气比合理, 营养丰富, 具有较好的理化性状。混合基质上的 4 种叶菜类蔬菜与对照相比, 硝酸盐、有机酸含量极显著降低, 维生素 C、可溶性糖含量明显增加, 尤其是 4:6 混合基质上生长的蔬菜这 4 项品质指标均最佳, 是最佳配方。

关键词:煤矸石; 油菜秸秆; 无土栽培基质; 叶菜类蔬菜; 品质

中图分类号:S 636 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)24-0008-08

无土栽培已成为农作物工厂化生产的主要方式, 同时也是目前设施农业的重要内容, 是高效农业发展的新途径^[1]。而由我国首创的蔬菜有机生态型无土栽培技术把有机农业导入无土栽培中, 为蔬菜无土栽培的推广和应用提供了一种新的形式。有机生态型无土栽培技术, 是以有机物、无机物为原料, 按一定的体积比组成混合基质, 并在其上栽种蔬菜的一项农业新技术。由于其可生产无公害绿色蔬菜^[2], 在我国已获得了广泛的应用。组成有机生态型无土栽培基质的有机原料, 多为农作物秸秆或农产品加工后的废弃物等; 无机原料一般种类较多, 如炉渣、河沙、蛭石、珍珠岩等。作为重要农业资源的农作物秸秆, 含有丰富的氮、

磷、钾及多种微量元素^[3-4], 而煤矸石是煤炭开采过程中的废弃物, 矸石中不仅含有丰富的钾, 还含有一定量的磷和氮, 同时煤矸石还具有吸热、贮热和较耐风化的特点^[5]。因此若以煤矸石、农作物秸秆作为无机、有机原料配制混合基质, 对于栽培植物的生长发育将能起到很好地增进作用, 也能够更好地促进蔬菜作物高产量、高营养和高品质。

农业环境污染和生态恶化已经严重地影响到农业的可持续发展, 而工农业废弃物是造成这些影响的主要因素^[6-7]。目前, 我国工农业废弃物的利用率均不高, 每年都有大量的农作物秸秆被焚烧^[8], 煤矿区的煤矸石也是堆积如山, 只有少量被用于烧制水泥、制砖及充填塌陷区复田^[9], 综合利用率较低, 不到 30%。因此, 充分而有效地利用这些废弃资源, 对于农业可持续发展和改善当地生态环境都具有十分重要的意义。该研究以油菜秸秆、煤矸石和猪粪等工农业废弃资源为原料, 配制有机生态型无土栽培基质, 并在其上种植菠菜 (*Spinacia oleracea* L.)、苋菜 (*Amarantus man-*

第一作者简介:童贯和(1960-), 男, 安徽寿县人, 硕士, 教授, 研究方向为植物生理和生态及植物营养。E-mail: guanhetong2007@sina.com.

基金项目:安徽高校省级自然科学研究重点资助项目(KJ2009A115)。

收稿日期:2018-07-03

gostanus L.)、生菜(*Lactuca sativa* L.)和白菜(*Brassica chinensis* L.)等 4 种叶菜类蔬菜,研究以腐熟油菜秸秆与煤矸石为原料,按不同的体积比配制而成的混合基质的理化性质,以及在该基质上栽培的蔬菜品质状况,以期找出由腐熟油菜秸秆与煤矸石组成的有机生态型无土栽培基质的最佳配方,为煤矸石、农作物秸秆等废弃资源再利用寻找新途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

煤矸石采自淮南市谢家集矿区,经人工破碎

成粒径 1~10 mm 的细粒。油菜秸秆取自淮南市三河乡陶圩村第一村民组当年秸秆,风干后粉碎至 1~5 cm,添加质量分数为 15% 的消毒猪粪(取自淮南市许庄农工商联合体养猪场)与质量分数为 1% 的尿素,含水量控制在 60% 左右,碳氮比为 30 左右,覆盖塑料薄膜密闭,进行静态高温堆制。定时翻堆补充水分与氧气,第 1 次翻堆于堆制后第 5 天进行,后每 7 d 翻堆 1 次(共 6 次),再每 15 d 翻堆 1 次(共 3 次),然后保持自然状态,堆制腐熟结束后风干。菜园土(马肝土)取自于淮南市郊区蔬菜种植区。主要原料基本理化性状见表 1。

表 1 主要原料基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of main materials

原料 Material	容重 Bulk density/(g · cm ⁻³)	pH	有机质 Organic matter/%	全 N Total N/%	全 P Total P/%	全 K Total K/%	C/N
煤矸石 Coal gangue	1.35	8.26	0.56	0.137	0.072	1.218	3.07
油菜秸秆 Rape straw	0.16	7.68	34.37	0.591	0.045	0.633	58.16
猪粪 Pig manure	0.26	7.62	29.88	2.225	2.318	2.072	12.43
菜园土 Vegetable garden soil	1.12	6.84	3.15	0.151	0.037	1.476	14.86

该试验所用的煤矸石、油菜秸秆和消毒猪粪,以及由它们组成的混合基质,已经进行了重金属污染和生态风险评价,以土壤环境质量一级标准值为参比的评价结果为安全与优良^[10-12]。

供试作物分别为白菜“无夕白”、生菜“美国大速生”、苋菜“苏苋 2 号”和菠菜“华菠 1 号”,4 种蔬菜种子由淮南市农业种子站提供。

1.2 试验方法

试验共设 5 个处理,以体积比配制混合基质, T₁: 矸石: 腐熟油菜秸秆 = 2 : 8; T₂: 矸石: 腐熟油菜秸秆 = 3 : 7; T₃: 矸石: 腐熟油菜秸秆 = 4 : 6; T₄: 矸石: 腐熟油菜秸秆 = 5 : 5; T₅: 矸石: 腐熟油菜秸秆 = 6 : 4; 以菜园土作对照(CK)。将 5 种混合基质及土壤分别装入高 30 cm, 直径 30 cm 的花盆中, 装盆高度 28 cm。装盆时菜园土采用一次性施入基肥的方法, 肥料施入量为过磷酸钙 0.83 g · kg⁻¹, 尿素 0.33 g · kg⁻¹, 氯化钾 0.25 g · kg⁻¹^[13]; 5 种混合基质不作施肥处理。4 种蔬菜盆栽试验在淮南师范学院生物科学实验中心人工光照栽培室中进行, 4 种蔬菜种子经消毒浸种催芽后分别播种于 128 穴育苗盘

中, 出苗 35 d 后当幼苗长至 3 叶 1 心时定植, 每盆定植 2 株, 采用完全随机区组设计, 每种处理 4 次重复, 常规栽培管理。

1.3 项目测定

取一内径为 10 cm 的硬质聚乙烯圆管、截高 16 cm, 底部放一块塑料圆板作管底, 与圆管外径相同并用透明胶紧密粘连, 使其不漏水。圆筒容器体积为 1 256 cm³, 称其质量为 W₀。将圆筒加满自然风干的混合基质, 称质量为 W₁, 并在水中浸泡 24 h, 称质量为 W₂, 再用质量为 W₃ 的湿纱布包住圆筒口, 并把圆筒倒置, 让圆筒容器中的水流出直至没有水渗出为止, 称质量为 W₄。

容重 = (W₁ - W₀) / 1 256; 总孔隙度(%) = (W₂ - W₁) / 1 256 × 100; 通气孔隙(%) = (W₂ - W₄ + W₃) / 1 256 × 100; 持水孔隙 = 总孔隙 - 通气孔隙; 大小孔隙比 = 通气孔隙 / 持水孔隙。

定植后 30 d 和 55 d 分别对 4 种蔬菜取样, 测定相关品质指标。硝酸盐含量采用紫外分光光度计法测定, 可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定, 维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定, 有机酸含量采用标准滴定法测定^[14]。

采用 pH 酸度计(电位法)测定 pH(水土比 2.5 : 1),采用 DDS-307 电导率仪测定 EC 值(水土比 5.0 : 1)^[15],采用重铬酸钾法(外加热法)测定有机质,采用扩散法测定全 N 和碱解 N 含量,采用钼锑抗比色法测定全 P 和有效磷(P_2O_5)含量,采用火焰光度计法测定全 K 和速效钾(K_2O)含量^[16]。

1.4 数据分析

采用 Duncan's 新复极差测验法和 Microsoft Excel (Office XP)统计软件分析数据。

2 结果与分析

2.1 混合基质的理化特性

由表 2 可以看出,随着煤矸石含量的逐渐增加,5 种混合基质的容重也随之增加,而通气孔隙、持水孔隙、大小孔隙比以及总孔隙度却有所下降。但这些指标的变化幅度均处于适合植物正常生长的范围内^[17]。与土壤(CK)相比,由于混合基质中有机质含量较高,使基质的容重降低,孔隙度增加,水气比较为合理,所以能够更好地协调根系水分和气体供应之间的矛盾。

由表 2 还可以看出,随着煤矸石含量的逐渐增加,5 种混合基质的有机质、EC 值、全 N、碱解 N 和 C/N 也随之下落,全 P、有效 P、全 K、速效 K 以及 pH 逐渐增加。表明 5 种混合基质的供 N 能力、供肥潜力随着煤矸石含量的增加而降低,但基质的供 P、K 能力随之增加而增强。与土壤(CK)相比,基质的营养丰富,各种营养成分比例协调。

2.2 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜硝酸盐含量的影响

蔬菜的硝酸盐含量是鉴定蔬菜品质的一个重要指标。由表 3 可以看出,定植后 30 d 和 55 d 的 4 种蔬菜体内硝酸盐含量,以 CK 为最高,与处理均呈极显著差异。表明 5 种混合基质均能极显著地降低 4 种蔬菜体内的硝酸盐含量。5 种混合基质中 T_1 处理的硝酸盐含量最高, T_5 处理的最低,各处理间差异显著或极显著。此外,定植后 55 d 的硝酸盐含量明显比定植后 30 d 的低,表明随着蔬菜作物的生育期延长,植株体内硝酸盐含量会逐渐降低。

2.3 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜维生素 C 含量的影响

维生素 C 是人体正常生理功能所必需的有机营养素之一。由表 4 可以看出,定植后 30 d 和 55 d,5 种混合基质上生长的 4 种蔬菜与 CK 的相比,维生素 C(VC)含量均呈极显著差异;其中 T_3 处理的 VC 含量最高,CK 的最小。表明混合基质极显著地增加了 4 种叶菜类蔬菜体内的 VC 含量。5 种混合基质上生长的 4 种蔬菜 VC 含量,在定植后 30 d 白菜和生菜的 T_3 、 T_4 、 T_5 处理间差异极显著, T_5 与 T_1 、 T_2 处理间差异极显著;菠菜和苋菜的 T_3 处理与其它处理间差异显著或极显著,苋菜的 T_4 、 T_5 处理间差异极显著;定植后 55 d,白菜和生菜的 T_5 处理与其它处理间差异显著或极显著,菠菜和苋菜的 T_5 处理除与 T_1 处理无显著差异外,与其它处理间为显著差异或极显著差异。表明在混合基质中,随着煤矸石含量的逐渐增加,4 种叶菜类蔬菜体内的 VC 含量呈现先升后降的变化趋势。

2.4 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜可溶性糖含量的影响

可溶性糖含量是蔬菜营养价值的重要指标之一。由表 5 可以看出,定植后 30 d 的 4 种蔬菜可溶性糖含量以 CK 的为最小,且与生长在 5 种混合基质相比, T_2 、 T_3 、 T_4 处理均呈极显著差异, T_1 处理除苋菜外其余差异极显著, T_5 处理除白菜有显著差异外其余无显著差异。在 5 种混合基质中,4 种蔬菜的可溶性糖含量随着煤矸石含量的逐渐增加,呈现出先升高后下降的趋势,且 T_3 处理的可溶性糖含量最大, T_5 处理最小, T_2 、 T_3 处理间无显著差异, T_2 、 T_3 与 T_1 、 T_5 处理间差异极显著。定植后 55 d 的 4 种蔬菜可溶性糖含量以 CK 的为最小,且与生长在 5 种混合基质上的相比,除苋菜的 T_5 处理无显著差异外,其余均呈显著或极显著差异。5 种混合基质中,4 种蔬菜的可溶性糖含量同样随着煤矸石含量的逐渐增加,呈现出先升高后下降的趋势,亦是 T_3 处理的可溶性糖含量最大, T_5 处理最小, T_2 、 T_3 处理间无显著差异,白菜、菠菜和苋菜的 T_2 、 T_3 与 T_1 、 T_5 处理间差异极显著,生菜的 T_2 、 T_3 、 T_4 与 T_5 处理间差异极显著。表明混合基质可增加 4 种蔬菜体内的可溶性糖含量。

表 2 混合基质的理化性质

Table 2 The physical and chemical properties of mixed medium

处理 Treatment	pH	有机质 Organic matter /%	EC 值 EC value /(mS·cm ⁻¹)	全 N Total N /%	全 P Total P /%	全 K Total K /%	碱解 N Avail. N /(mg·kg ⁻¹)	有效 P Avail. P /(mg·kg ⁻¹)	速效 K Avail. K /(mg·kg ⁻¹)	C/N	容重 Bulk density /(g·cm ⁻³)	总孔隙度 Total porosity/%	通气孔隙 Aeration porosity/%	持水孔隙 Water-holding porosity/%	大小 孔隙比 AP/WP ratio
CK	6.84	3.15	1.45	0.151	0.037	1.476	128.63	157.26	645.17	14.86	1.12	61.72	17.27	44.45	1 : 2.57
T ₁	7.87	16.23	3.26	0.853	0.061	1.148	429.13	281.40	611.84	13.17	0.31	82.68	31.52	51.16	1 : 1.62
T ₂	7.88	14.07	2.84	0.731	0.063	1.325	358.74	286.22	762.91	12.78	0.39	77.84	27.17	50.67	1 : 1.86
T ₃	7.89	12.36	2.37	0.645	0.066	1.537	285.25	290.18	947.55	12.21	0.52	75.11	25.34	49.77	1 : 1.96
T ₄	7.87	10.74	2.06	0.566	0.070	1.624	217.98	292.16	1 037.20	11.65	0.63	73.49	23.98	49.51	1 : 2.05
T ₅	7.98	9.13	1.78	0.501	0.078	1.752	147.62	297.45	1 218.69	11.14	0.70	71.26	22.43	48.83	1 : 2.18

表 3 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜硝酸盐含量的影响

Table 3 The effect of mixed substrates on the nitrate content of four leafy vegetables

处理 Treatment	白菜 Chinese cabbage		生菜 Lettuce		菠菜 Spinach		苋菜 Amaranth		mg·kg ⁻¹ FW
	30 d	55 d	30 d	55 d	30 d	55 d	30 d	55 d	
CK	1 226.11±3.74aA	1 132.84±11.57aA	1 059.75±3.88aA	1 016.61±7.77aA	494.79±3.98aA	442.65±3.60aA	823.80±7.15aA	772.82±4.32aA	
T ₁	1 163.19±4.75bB	876.16±3.60bB	949.71±12.98bB	895.88±7.26bB	421.09±6.45bB	369.20±6.52bB	721.52±3.38bB	670.52±6.43bB	
T ₂	1 049.08±13.14cC	773.17±9.39cC	876.16±3.34cC	825.94±4.48cC	394.31±9.36cC	351.46±2.70cC	661.72±3.30cC	622.16±2.79cC	
T ₃	880.95±9.06dD	699.21±9.21dD	831.67±9.45dD	777.03±4.18dD	334.15±2.46dD	329.21±9.54dD	588.07±2.43dD	550.75±8.77dD	
T ₄	804.59±2.99eE	626.47±5.51eE	768.41±3.08eE	735.43±7.46eE	305.48±3.06eE	308.74±5.34eE	510.41±5.18eE	472.77±2.82eE	
T ₅	751.40±5.88fF	591.75±2.56fF	710.55±6.16fF	704.08±4.74fF	296.42±6.33fF	295.78±12.27fF	436.93±6.74fF	429.45±2.10fF	

注:数据为平均值±标准差,各列数值后的大写字母为 $P=0.01$ 水平上的差异显著性,小写字母为 $P=0.05$ 水平上的差异显著性,相同英文字母表示无显著差异,不同英文字母表示有显著差异。下同。
Note: Values represent means±standard error in the table, letters in capital and normal forms represent significant difference at $P=0.01$ and $P=0.05$, means with the same letters are not significant. The same as the following tables.

表 4 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜维生素 C 含量的影响

Table 4 The effect of mixed substrates on the vitamin C content of four leafy vegetables						
处理 Treatment	白菜 Chinese cabbage		生菜 Lettuce		菠菜 Spinach	
	30 d	55 d	30 d	55 d	30 d	55 d
CK	276.47±28.46d	326.41±15.74dD	231.65±5.98d	248.42±18.17dC	215.46±19.15dC	245.61±19.01eD
T ₁	382.18±7.23bcAB	458.59±6.44bBC	357.23±15.77bcAB	375.36±8.81abA	287.64±8.40bcB	324.57±7.10cdBC
T ₂	387.44±8.75abAB	469.06±26.79bAB	362.76±5.93abAB	380.45±19.50abA	299.25±18.93bAB	337.65±8.52abAB
T ₃	395.69±16.43aA	482.33±7.33aA	368.21±35.08aA	388.29±28.52aA	315.07±7.78aA	349.21±37.30aA
T ₄	371.89±8.09cB	460.01±17.01bBC	354.10±5.32cB	371.15±9.78bAB	291.30±29.47bcB	331.04±6.83bcBC
T ₅	351.83±17.12dC	447.34±28.57cC	342.18±14.60dC	356.46±17.10cB	283.08±9.40cB	316.84±18.76dC

表 5 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜可溶性糖含量的影响

Table 5 The effect of mixed substrates on the soluble sugar content of four leafy vegetables						
处理 Treatment	白菜 Chinese cabbage		生菜 Lettuce		菠菜 Spinach	
	30 d	55 d	30 d	55 d	30 d	55 d
CK	0.45±0.04d	1.24±0.13dD	0.41±0.03cD	0.68±0.05dC	0.24±0.16dD	0.37±0.03eE
T ₁	0.68±0.04cC	1.78±0.25bB	0.52±0.14bBC	0.89±0.04bAB	0.37±0.11bBC	0.56±0.02cC
T ₂	0.81±0.14abAB	1.94±0.34aA	0.65±0.23aA	0.98±0.07abA	0.56±0.03aA	0.73±0.14aA
T ₃	0.87±0.15aA	1.97±0.24aA	0.67±0.05aA	0.99±0.25aA	0.58±0.14aA	0.76±0.12aA
T ₄	0.75±0.05bBC	1.80±0.04bB	0.57±0.03bB	0.94±0.23abA	0.43±0.04bB	0.64±0.04bB
T ₅	0.52±0.11dD	1.45±0.05cC	0.46±0.04cCD	0.78±0.12cBC	0.29±0.05cCD	0.45±0.10dD

表 6 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜有机酸含量的影响

Table 6 The effect of mixed substrates on the organic acid content of four leafy vegetables						
处理 Treatment	白菜 Chinese cabbage		生菜 Lettuce		菠菜 Spinach	
	30 d	55 d	30 d	55 d	30 d	55 d
CK	2.83±0.38aA	2.67±0.16aA	3.17±0.41aA	3.01±0.25aA	3.74±0.35aA	3.68±0.09aA
T ₁	1.74±0.15cC	1.66±0.26cC	2.25±0.18cC	2.16±0.02cC	2.83±0.20cB	2.70±0.04cBC
T ₂	1.59±0.12dDE	1.52±0.14dDE	1.98±0.03eD	1.92±0.04dD	2.52±0.04dD	2.43±0.11eD
T ₃	1.50±0.03eE	1.46±0.24eE	1.87±0.15fE	1.83±0.19eE	2.35±0.10fE	2.26±0.03fE
T ₄	1.68±0.05cCD	1.58±0.05dCD	2.06±0.04dD	1.97±0.17dD	2.67±0.05dC	2.59±0.05dC
T ₅	1.97±0.07bB	1.82±0.15bB	2.41±0.22bB	2.34±0.24bB	2.90±0.26bB	2.81±0.17bB

mg · kg⁻¹ FW

%

g · kg⁻¹ FW

2.5 混合基质对 4 种叶菜类蔬菜有机酸含量的影响

有机酸在植物体内发挥着如光合和呼吸作用、代谢活性溶质、调节渗透压和平衡阳离子等重要的、基础性的生理代谢功能,也是蔬果中主要的风味营养物质。但评价叶菜类蔬菜风味优良的一个重要指标是糖酸比,糖酸比下降,可口性差,品质恶化,因此有机酸是影响蔬菜风味的主要物质之一。表 6 表明,定植后 30 d 和 55 d 的 4 种蔬菜 CK 的有机酸含量最高,极显著高于 5 种混合基质。表明混合基质能够极明显降低蔬菜体内的有机酸含量,提高蔬菜风味。5 种混合基质中 T_3 处理的有机酸含量最低, T_5 处理的最高;除 55 d 时白菜和生菜的 T_2 与 T_4 处理间及白菜的 T_3 与 T_2 处理间无显著差异外,其余各处理间均呈显著或极显著差异。表明在混合基质中,随着煤矸石含量的逐渐增加,4 种蔬菜体内的有机酸含量呈现出先降后升的变化趋势。

3 讨论

以工农业固体废弃物为原料,合成环保型蔬菜栽培基质,已成为无土栽培基质的研究热点和选材方向。有机生态型无土栽培基质的功能是多样的,除可容纳根系生长、支持地上部外,由于基质中含有各种大量元素和微量元素,还是作物生长的重要养分来源。该试验以煤矸石、腐熟油菜秸秆配制而成的栽培基质在完全不使用化学肥料的前提下,不仅为蔬菜的生长发育提供了稳定、协调的肥、水、气根际营养环境,支持、固定植物良好,而且混合基质不存在重金属污染^[10-12],基本满足了蔬菜有机生态型无土栽培对基质的要求^[18],生产的蔬菜产品基本达到了 A 级或 AA 级的“绿色食品”标准^[11-12]。

该试验结果表明,栽培在混合基质上的 4 种叶菜类蔬菜与土壤上的相比,硝酸盐、有机酸含量极显著降低,维生素 C、可溶性糖含量明显增加,说明混合基质对叶菜类蔬菜品质的改善具有积极的正向作用。易富集硝酸盐是叶菜类蔬菜一大特点,这类蔬菜体内硝酸盐含量常高于其它作物。根据无公害蔬菜强制性国家标准《农产品安全质

量-无公害蔬菜安全要求》(GB18406.1-2001)中的规定,叶菜类蔬菜硝酸盐含量超过三级标准($1\ 400\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),已属于严重污染,不允许食用。该试验混合基质各处理的 4 种蔬菜硝酸盐含量符合无公害蔬菜生产的要求,尤其是 T_3 、 T_4 、 T_5 处理混合基质上生长的蔬菜已达到国家二级标准($785\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),有的甚至超过了国家一级标准($432\ \text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)。究其原因可能是由于混合基质中有机质含量较高,在不施用化学肥料的前提下,有机质须经微生物分解矿化作用形成 NH_4^+ ,才能作为一种缓效氮肥被蔬菜吸收利用,因此,可供作物吸收的硝态氮的量不多^[19]。同时,由于煤矸石中富含钾和磷,混合基质供 K、P 能力较强,K 能促进硝酸还原酶的诱导合成并能增强其活性,有利于硝酸盐的还原^[20],从而导致蔬菜体内硝酸盐含量较低。

可溶性糖、维生素 C 和有机酸含量是衡量蔬菜品质的重要指标,它们的含量高低决定了蔬菜的口味和营养价值。有研究认为^[21],氮肥可对蔬菜的维生素 C、可溶性糖和有机酸含量产生非常明显的影响,适量氮肥能提高蔬菜中维生素 C、可溶性糖含量,降低有机酸含量;氮肥过多会导致维生素 C、可溶性糖含量下降,有机酸含量升高。该试验中混合基质的氮素来源主要为有机质的矿化,供氮缓慢而适中,有利于提高蔬菜的营养价值和口味。该试验结果与朱世东等^[22]在多功能营养型蔬菜无土栽培基质上进行的辣椒、番茄和黄瓜栽培研究结果相一致。

混合基质的原料组成及配方决定基质的理化性质。该试验研究结果表明,栽培在 5 种混合基质上的 4 种蔬菜,以 T_3 处理的维生素 C、可溶性糖含量最大,有机酸含量最小,硝酸盐含量较低,说明 T_3 处理基质配方较优,其理化特性更能改善蔬菜的品质,促进蔬菜商品价值的提高。此外,定植后 55 d 的 4 种蔬菜与定植后 30 d 的相比,其体内硝酸盐、有机酸含量明显降低,维生素 C、可溶性糖含量有所增加,表明生长在混合基质上的蔬菜,随着株龄的延长,品质得到了进一步的提高。当然,目前对于混合基质的使用时间长短与蔬菜品质之间的相关程度还不十分清晰,有关此类问题仍需作进一步的研究。

4 结论

混合基质营养丰富、水气协调,其理化特性明显优于土壤。混合基质上的4种叶菜类蔬菜与土壤上的相比,硝酸盐、有机酸含量极显著降低,可溶性糖、维生素C含量明显增加,说明混合基质可显著促进蔬菜品质的提高。混合基质的5种配方中,以T₃处理混合基质配方(煤矸石与腐熟油菜秸秆的体积比为4:6)为最优。

参考文献

- [1] 孟宪民. 我国基质产业面临的问题与对策[J]. 中国蔬菜, 2017(8):16-20.
- [2] 李婷婷,马蓉丽,成妍,等. 中国蔬菜基质栽培研究新进展[J]. 农学学报,2013,3(4):30-34.
- [3] CHONG C. Paper mill waste mixed with compost and other ingredients as container nursery substrates[J]. Compost Science & Utilization,2003,11(1):16-26.
- [4] 王建湘,周杰良. 农作物秸秆在有机生态型无土栽培中的应用研究[J]. 北方园艺,2007(4):7-9.
- [5] 何俊瑜,任艳芳,李亚灵,等. 利用煤矸石基质进行小白菜无土栽培研究[J]. 北方园艺,2008(12):35-37.
- [6] 曹国良,张小曳,郑方成,等. 中国大陆秸秆露天焚烧的量的估算[J]. 资源科学,2006,28(1):9-13.
- [7] 董雪玲,刘大猛. 煤炭开发中的环境污染及防治措施[J]. 煤炭科学技术,2005,33(5):67-71.
- [8] 曹国良,张小曳,王丹,等. 中国大陆生物质燃烧排放的污染物清单[J]. 中国环境科学,2005,25(4):389-393.
- [9] 董瑞,张耀煌. 淮南煤矸石综合利用对策探讨[J]. 煤矿环境保护,2001,15(2):55-57.
- [10] 童贯和,王云,罗勋,等. 无土栽培基质重金属污染及潜在生态风险评价[J]. 煤炭学报,2010,35(9):1559-1565.
- [11] 童贯和,王顺昌,刘天骄,等. 煤矸石等组成的无土栽培基质重金属污染及蔬菜安全评价[J]. 农业环境科学学报,2010,29(10):2064-2070.
- [12] 童贯和,陈锦云,刘天骄,等. 腐熟油菜秸秆、煤矸石组合的栽培基质重金属污染及蔬菜安全评价[J]. 中国生态农业学报,2011,19(3):661-667.
- [13] 毛达如. 植物营养研究方法[M]. 北京:中国农业大学出版社,1994.
- [14] 张志良,瞿伟菁,李小方. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2010.
- [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] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2001.
- [17] 李谦让,郭世荣,李式军. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质[J]. 自然资源学报,2002,17(4):515-519.
- [18] 王晓丽. 蔬菜硝酸盐含量和硝酸盐还原酶活性的研究[D]. 南京:南京工业大学,2008.
- [19] 宋桥生,陈钢,吴礼树,等. 不同供钾水平对西瓜产量和品质的影响[J]. 湖北农业科学,2007,46(5):732-734.
- [20] JIANG W J, ZHENG G H, JIA W W. Studies on the effect of N and K concentration & N K interaction on tomato growth, yield, quality and its relevant mathematics models on rock wool [C]. Proceeding of International Symposium on Applied Technology of Greenhouse, 1991:229-240.
- [21] DREWS M, SCHONHOF I, KRUMBELN A. Nitrate, vitamin C and sugar content of lactuca sativa depending on cultivar and head development[J]. Garten Bauwis Senschaft, 1996,61(3):122-129.
- [22] 朱世东,徐文娟,赵国荣. 多功能营养型蔬菜无土栽培基质的特性研究[J]. 应用生态学报,2002,13(4):425-428.

Influence of Culture Medium Composed of Coal Gangue and Other Waste on Quality of Four Vegetables

TONG Guanhe, LUO Xun, LIU Tianjiao

(Bioengineering College, Huainan Teachers College, Huainan, Anhui 232038)

Abstract: Chinese cabbage (*Brassica chinensis*), lettuce (*Lactuca sativa*), amaranth (*Amarantus mangostanus*) and spinach (*Spinacia oleracea*) were cultivated in the pot in the biotron, using soilless culture mediums composed of decomposed coal gangue and rape straw. Five culture mediums were set, with the volume ratios of decomposed coal gangue and rape straw of 2:8, 3:7, 4:6, 5:5 and 6:4, respectively, with garden soil was used as control. After 30 days and 55 days cultivation, the content of nitrate, the vitamin C, the soluble sugar, and the organic acid in the four leafy vegetables were measured. At the same time, the physiological characteristics of soilless culture mediums, as well as the quality characteristics of the four vegetable crops growing on different mediums were studied, in order

doi:10.11937/bfyy.20181074

白檀 SRAP-PCR 体系优化及引物筛选

安佰义¹, 于慧颖¹, 吴双¹, 刘晓嘉¹, 孙晓刚¹, 张艳²

(1. 吉林农业大学园艺学院, 吉林 长春 130118; 2. 吉林省农业科学院 农业生物技术研究, 吉林 长春 130124)

摘要:以白檀新生嫩叶为试材,通过单因素试验与正交实验,建立并优化白檀 SRAP-PCR 反应体系,对白檀 SRAP 反应体系中 5 个因素进行优化试验,并筛选 SRAP 引物组合,以期今后 SRAP 分子标记在白檀上的应用提供依据。结果表明:各因素对 SRAP-PCR 扩增结果影响差异较大,依次为模板 DNA>dNTPs>Mg²⁺>引物>Taq DNA 聚合酶。最优反应体系为总体积 10 μ L 体系中,Taq DNA 聚合酶 0.75 U、dNTPs 0.1 mmol·L⁻¹、Mg²⁺ 2 mmol·L⁻¹、引物 0.4 μ mol·L⁻¹以及模板 DNA 80 ng。利用稳定的 SRAP-PCR 体系,从 176 对引物组合中筛选出 25 对多态性好的引物组合。在所建立的最优体系下,不同白檀基因组和不同引物组合均能稳定扩增,表明体系稳定可靠适用于白檀 SRAP 分子标记研究。

关键词:白檀;SRAP;体系优化;引物筛选

中图分类号:S 792.99 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2018)24-0015-06

白檀 (*Symplocos paniculata* (Thunb.) Miq.) 属山矾科 (Symplocaceae) 山矾属 (*Symplocos*) 落叶灌木或小乔木,又名碎米子树、茶叶花、乌子树等,为中国原产树种,广泛分布于东北、华北、江南及台湾等地区;具有耐干旱瘠薄、根系发

达、易繁殖等优点,是防止水土流失,改善生态环境的理想植物^[1]。白檀花朵拥簇浓密,具清香,果实蓝黑色,极具观赏价值,是园林绿化中具较好开发价值的优良树种^[2]。果实富含油脂和花青素,且其果实油富含不饱和脂肪酸^[3],是一种极具开发价值的木本油料植物。

随着分子生物学的发展和完善,分子标记技术被广泛应用于遗传多样性、分子遗传育种等研究中^[4]。相关序列扩增多态性(sequence-related amplified polymorphism, SRAP) 标记是一种基于 PCR 技术的新型分子标记,对基因的开放阅读框(ORFs)进行扩增,因不同个体的内含子与启动子区域的差异而产生多态性,从而获得物种或个体之间的遗传差异和分化^[5]。由于其具有操作简便、重复性好、信息含量高等优点^[6],在遗传多样

第一作者简介:安佰义(1978-),男,山东日照人,博士,副教授,研究方向为园林植物种质创新及栽培生理与景观生态及功能基因挖掘。E-mail:swabyswaby@163.com

责任作者:孙晓刚(1969-),男,吉林长春人,硕士,教授,研究方向为园林植物应用与景观评价。E-mail:120082055@qq.com

基金项目:长春市科技局资助项目(17DY014);吉林省教育厅资助项目(JJKH20180665KJ);吉林省科技厅资助项目(20150204045NY)。

收稿日期:2018-05-23

to determine the best soilless culture medium. The results showed that the five soilless culture mediums had good physiological properties, with lower unit weight, better water-air ratio, and more nutrition. Compared to the control, the vegetable crops growing on the soilless culture mediums had significantly lower nitrate and organic acid content, and remarkably higher content of vitamin C and soluble sugar, especially in the soilless culture medium of 4 : 6 and this medium as the best.

Keywords: coal gangue; rape stalk; soilless culture medium; leafy vegetables; quality