

不同设施栽培基质对生菜生长与品质的影响

张丹丹^{1,2}, 包立¹, 张乃明^{1,2}, 康宏宇^{1,2}

(1. 云南省土壤培肥与污染修复工程实验室, 云南 昆明 650201; 2. 云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201)

摘 要:以生菜为供试作物,通过模拟试验,研究不同复合基质对生菜生长和品质的影响,为设施农业土壤质量退化和连作障碍问题寻求解决方案。结果表明:二元复合栽培基质试验中,硅藻土和蛭石以 2:1 配比基质栽培的生菜生长情况最好,与对照(单用蛭石)相比增幅达 224.65%,株高、叶数、叶绿素 SPAD 值均表现最好,并能够显著降低生菜硝酸盐含量(189.53 mg/kg);多种材料复合的栽培基质能够降低生菜硝酸盐含量,不同配方处理生菜硝酸盐含量均显著低于连作大棚土壤栽培,其中以蛭石:硅藻土:咖啡渣:秸秆:生物炭=1:2:1:3:2 配方表现最好,可实现在保证生菜生物量最大的同时亚硝酸盐含量较低。

关键词:生菜;设施栽培;基质;亚硝酸盐

中图分类号:S 626 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)08-0173-04

随着设施蔬菜栽培面积迅速扩大,长期高强度施肥和单一品种连作,使得设施土壤次生盐渍化和连作障碍日趋严重,不仅影响蔬菜生长发育,还制约了设施农业的可持续发展^[1-2]。蔬菜基质栽培能避免土壤传播病害,免除土壤污染,还可以生产出清洁安全的农产品,同时基质栽培还能有效克服土壤连作障碍和次生盐渍化问题,相比设施土壤栽培具有省水、省肥、省工等优势^[3]。

就地取材,资源化利用农业废弃物制成设施蔬菜栽培基质,可产生巨大的社会、经济和生态效益^[4]。结合云南实际,该研究以农作物秸秆、废弃咖啡渣,以及硅藻

土和蛭石为主要原料,进行生菜栽培基质配方筛选试验,既为农业废弃物资源化利用开辟新的途径,也为设施农业土壤质量退化和连作障碍问题寻求解决方案。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物为“美国大速生”生菜(*Lactuca sativa* L.)。供试基质:蛭石、草炭、硅藻土购买于市场,秸秆由农田杂散废弃物生产、生物炭为市售麦秆制成生物炭、咖啡渣由德宏后谷咖啡生产厂提供。各供试基质材料的理化性状如表 1 所示。

表 1

基质原材料的理化性状

Table 1

Physical and chemical properties of the matrix material

材料 Material	pH 值 pH value	EC 值 EC value /($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	有机质 Organic matter /($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷 Rapidly available phosphorus /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾 Rapidly available potassium /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	碱解氮 Alkali-hydrolyzable nitrogen /($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
咖啡渣	6.26	299	23.68	152.93	475.09	301.7
蛭石	6.28	113	11.69	8.06	202.87	25.55
草炭	6.63	1 876	216.37	259.30	421.56	102.20
硅藻土	6.18	421	13.59	19.72	222.89	74.93
生物炭	7.14	98	573.10	11.35	242.65	11.98
秸秆	6.78	86	23.96	297.48	471.96	123.24

第一作者简介:张丹丹(1988-),女,山西太谷人,硕士研究生,研究方向为设施栽培作物养分资源利用。E-mail:zhangdd@163.com。
责任作者:张乃明(1963-),男,山西长治人,博士,教授,研究方向为土壤质量演变与农业面源污染控制。E-mail:zhangnaiming@sina.com。

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项湖泊主题滇池资助项目(2012ZX07102-003)。

收稿日期:2015-01-26

1.2 试验方法

试验在云南农业大学校内温室中进行。供试“美国大速生”生菜定植于塑料花盆(口径 9 cm、底径 8 cm、高 6 cm)内,每盆定植 1 棵,每个处理重复 3 次。试验分为 2 个部分。

1.2.1 二元复合基质栽培试验 不同原料与蛭石均按 2:1 的体积比进行混合(总体积 300 mL),共 6 个处理(表 2),其中对照 CK1 为纯蛭石。其余 5 个处理分别是:

T1 处理:生物炭+蛭石;T2 处理:硅藻土+蛭石;T3 处理:秸秆+蛭石;T4 处理:咖啡渣+蛭石;T5 处理:草炭+蛭石。

1.2.2 多材料复合基质栽培试验 在二元复合基质栽培试验的基础上采用 2 种以上基质材料的复合基质进行筛选试验,用蛭石、硅藻土、咖啡渣、秸秆、生物炭组合成不同的基质配方,共设 8 个处理,蛭石:硅藻土:咖啡渣:秸秆:生物炭的体积比分别为 M1(1:2:2:2:2)、M2(1:2:3:2:1)、M3(1:2:2:1:3)、M4(1:2:2:1:3)、M5(1:2:2:3:1)、M6(1:2:1:2:3)、M7(1:2:1:3:2)、M8(蛭石:硅藻土)=1:2,对照 CK2 为昆明城郊连作大棚土壤。

1.3 项目测定

试验测定了生菜植株的株高、叶片数、鲜重、叶绿素等 4 个指标。基质材料理化性质参照《土壤农化分析》^[5]方法测定;硝酸盐含量测定采用水杨酸法^[6];SPAD-502 叶绿素仪测定叶片 SPAD 值,以叶片尖端、中部、基部 3 处平均值作为该叶片的 SPAD 值。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003 和 SPSS 17.0 软件进行分析与统计。

2 结果与分析

2.1 二元复合栽培基质对生菜生长的影响

由表 2 可知,各二元复合基质上生长的生菜生物量均大于对照。就株高而言,T1~T5 处理均高于对照,达到差异显著水平,其中 T2 处理栽培生菜的株高最高,为 30.29 cm,与对照相比增幅达 224.65%。叶片数量的多少是生菜生长状况的直接反映,T1~T5 处理的叶片数量均大于对照且增幅明显,T2 处理叶片数最大,T1 处理的叶片数最小,为 10 片,显著小于其余各处理。鲜重方面,各项处理基质上生菜的鲜重均大于对照。其中鲜重以 T2 处理最大(10.76 g/棵)、T3 处理鲜重最轻,为 7.06 g/棵。

表 2 二元复合基质栽培对生菜生长的影响

Table 2 Effect of binary complex substrate cultivation on lettuce growth

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	叶片数 Leaf number	鲜重 Fresh weight /(g·plant ⁻¹)	叶绿素含量 Chlorophyll content /SPAD
CK1	9.33±0.20c	7±0.58d	2.19±0.18c	11.96±0.86d
T1	24.42±2.00b	10±0.33c	7.43±0.29b	35.43±1.15c
T2	30.29±1.45a	14±0.58a	10.76±0.40a	46.21±1.14a
T3	26.51±1.66ab	10±0.00c	7.06±0.14b	36.73±0.61bc
T4	25.10±0.69b	12±0.58b	7.62±0.20b	38.60±0.72b
T5	24.63±1.10b	11±0.33bc	7.82±0.07b	34.61±0.29c

叶绿素是植物体内一类最重要的色素,在一定条件下,植物叶片叶绿素含量的多少在一定程度上反映了植物的光合生理状态。SPAD-502 叶绿素仪可在田间无损

状况下几秒钟内测量植物叶片单位面积叶片当前叶绿素的相对含量^[7],即 SPAD 值。SPAD 值作为叶绿素含量的间接指标可以很好地反映作物叶绿素含量的情况。由表 2 可知,各项处理 SPAD 值均高于 CK,其中 T2 处理叶片 SPAD 值最高,为 46.21,且相较于 CK 增幅达 286.37。各处理的生菜叶片 SPAD 值从高到低依次为:T2>T4>T3>T1>T5>CK1。

2.2 二元复合基质栽培对生菜品质影响

研究表明,人体摄入的硝酸盐 81.2%来自蔬菜^[8]。硝酸盐在细菌的作用下还原成亚硝酸盐,而亚硝酸盐可使血液中毒甚至可致癌,对人体危害较大,因此硝酸盐含量是蔬菜安全品质评价的重要指标。由图 1 可知,各处理的硝酸盐含量均低于 CK1 处理,并可大幅降低生菜硝酸盐含量,降幅达 22.03%~53.78%。其中 T2 处理基质上的生菜硝酸盐含量最少,与对照相比降幅 53.78%。各基质上生菜硝酸盐含量从高到低依次为:CK1>T4>T1>T3>T5>T2。

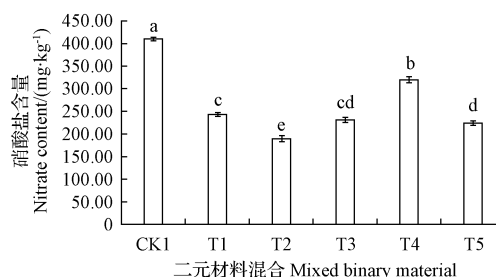


图 1 不同原料基质栽培对生菜硝酸盐含量的影响

Fig. 1 Effect of different materials substrate cultivation on lettuce nitrate content

综上,硅藻土与蛭石混合的基质栽培生菜具有显著的优势,在生菜生物量、硝酸盐含量、产量方面均优于其它各项处理。利用硅藻土与蛭石混合作为生菜栽培基质可以显著提高生菜产量,并降低生菜中硝酸盐的累积量。草炭为重要的不可再生的自然资源,通过试验证明,硅藻土、咖啡渣、生物炭、秸秆可以替代基质中草炭的添加。多料复合基质栽培在二元复合基质栽培的基础上使用蛭石、硅藻土、咖啡渣、生物炭、秸秆进行基质的复配。

2.3 多材料复合基质栽培对生菜生长的影响

多元复合基质试验主要测定生菜的株高、叶片数、鲜重以及叶片 SPAD 值。作物的株高是反映其生长状况的重要指标,由表 3 可知,不同配比基质上生菜株高间的差异明显,其中 M3~M8 处理均高于传统土培,M7 处理的生菜株高最高,为 34.23 cm,与 CK2 相比增幅 115.70%;M1、M2 处理基质上的生菜株高低于 CK2,且降幅分别为 19.97%、32.07%。生菜的叶片数以 M7 处理最多,M2 处理的叶片数最少。生菜的鲜重以 M7 处

理为最重,除 M1、M2 处理小于 CK2 之外,其余各处理的鲜质量均大于对照,且 M5~M8 处理与 CK2 比较增幅异常显著,增幅分别为 101.94%、179.09%、219.18%、150.43%。

由表 3 可知,除去 M1、M2 处理,M3~M8 处理叶片 SPAD 值均高于 CK2,其中 M7 处理叶片 SPAD 值最高,为 36.6,且相较于 CK2 增幅为 42.41%。各处理的生菜叶片 SPAD 值从高到低依次为:M7>M6>M8>M5>M4>M3>CK2>M1>M2。

表 3 多材料复合基质栽培对生菜生长的影响

Table 3 Effect of multi-material composite substrate cultivation on lettuce grown

处理 Treatment	株高 Plant height /cm	叶片数 Leaf number	鲜重 Fresh weight /(g·plant ⁻¹)	叶绿素含量 Chlorophyll content /SPAD
CK2	15.87±0.38e	7±0.58d	4.64±0.29a	25.73±0.28c
M1	12.70±0.55f	7±1.20d	4.36±0.20b	25.13±1.04c
M2	10.78±0.56g	6±0.58d	2.88±0.20b	23.80±0.91c
M3	17.00±0.21d	10±0.88c	8.24±0.73c	26.40±1.15bc
M4	18.83±0.17d	11±0.67bc	9.01±0.23c	26.90±1.72bc
M5	19.24±0.69d	13±0.67ab	9.37±0.61c	27.07±1.55b
M6	29.73±0.96b	14±0.58a	12.95±0.09d	30.43±0.65b
M7	34.23±0.54a	15±0.67a	14.81±0.71d	36.60±0.46a
M8	22.17±0.62c	11±0.58c	11.62±0.71e	34.30±2.11a

2.4 多材料复合基质栽培对生菜品质的影响

植物体内硝态氮含量可以反映出栽培基质的氮素供应情况^[9]。由图 2 可知,各项处理的硝酸盐含量均低于 CK 且有明显的降幅。其中 M7 处理基质上的生菜硝酸盐含量最少,与对照相比降幅 61.47%。M7 处理植株体内的硝酸盐含量较低,说明使用该复合基质栽培有利于硝态氮的利用与转换,生产的生菜安全性更高。各基质上生菜硝酸盐含量从高到低依次为:CK2>M3>M1>M8>M5>M2>M4>M6>M7。

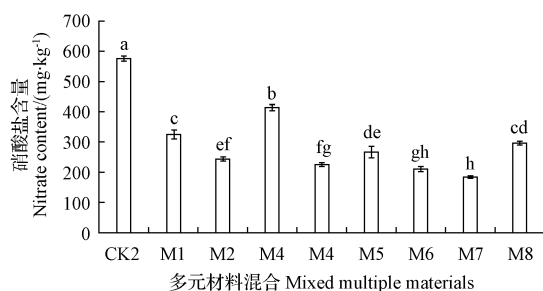


图 2 不同原料基质栽培对生菜硝酸盐含量的影响

Fig. 2 Effect of different materials substrate cultivation on lettuce nitrate content

综上所述,M7 处理即蛭石:硅藻土:咖啡渣:秸秆:生物炭=1:2:1:3:2 为多元材料复合基质栽培试验中生菜生长、品质最优配方。

3 讨论与结论

目前硅藻土主要运用于环境、建筑、农业、工业、冶金、食品、化工、电子等各个领域。在农业方面,对于硅藻土的研究主要集中于防治虫害、提高化肥肥效等方面。硅藻土作为蔬菜及园艺无土栽培基质的用途也引起人们的重视,在澳大利亚和美国已经有园艺工作者将硅藻土粉与硅藻土颗粒作为栽培基质种植花卉和蔬菜^[10],并已取得很好的效果,而国内运用硅藻土作为设施基质栽培的研究极少。李邵等^[11]研究表明,硅藻土是一种优良的基质添加成分,其中 50%草炭+25%蛭石+25%硅藻土、40%草炭+20%蛭石+20%珍珠岩+20%硅藻土 2 种配方基质理化性质,吸水、保水、保肥能力都强于其它基质量配方,基质栽培下的五彩椒生理指标和形态指标均优于前人的基质配方研究。该研究结果与上述研究基本一致,证明加入硅藻土对促进生菜生长、提高生菜品质、增加生菜产量有显著作用。

在常规基质中使用的草炭是不可再生资源且价格较高,人们不断地探索新型育苗基质寻找和开发可替代草炭作为育苗、栽培基质的材料^[12]。目前国内外在草炭的替代材料的研究方面已取得了一些研究成果,用于替代草炭的基质主要有蘑菇渣^[13]、秸秆^[14]、菌糠^[15]等工农业废弃物,但均为单一材料,该试验研究了不同 10 种不含草炭配方基质对生菜生长的影响,补充了上述研究的不足。

联合国世界卫生组织和粮农组织^[16]早在 1973 年就制定了食品中硝酸盐的限量标准以 ADI 值为基础,提出蔬菜可食部分中硝酸盐含量的卫生标准为 432 mg/kg(鲜样)。经过近 30 年的国内外研究,设施无土栽培具有的可更替和可调节性、环境因子可控性优势,可以从机理和技术上解决无土栽培蔬菜硝酸盐累积与去除问题,降低蔬菜中硝酸盐含量^[17]。就二元基质栽培试验和多种材料复合栽培基质试验结果来看,使用基质栽培生菜的硝酸盐含量均低于 432 mg/kg,而使用大棚土壤种植的生菜硝酸盐含量为 575.67 mg/kg,虽在允许生食(432~785 mg/kg)的标准范围内,但与基质栽培相比较还是有一定差距。

二元栽培基质试验的 6 个处理中,硅藻土:蛭石=2:1 基质上栽培的生菜生长情况最好,其中鲜重为 10.76 g、叶绿素 SPAD 值为 46.21 均与显著优于其它各项处理。使用 2 种材料进行基质栽培能够显著提高生菜产量,并降低生菜硝酸盐含量。其中以硅藻土+蛭石混合效果最为显著,硝酸盐含量为 189.53 mg/kg。多种材料复合的栽培基质试验中,配方蛭石:硅藻土:咖啡渣:秸秆:生物炭=1:2:1:3:2 种植生菜生长情况最好,其中株高为 34.23 cm,显著优于与其它处理,有推广使用的前景。多元栽培基质能够显著降低生菜硝酸

盐含量,基质栽培各项处理生菜硝酸盐含量均低于大棚土壤种植处理,其中蛭石:硅藻土:咖啡渣:秸秆:生物炭=1:2:1:3:2配方生菜硝酸盐最低,为183.27 mg/kg。

参考文献

- [1] 吕卫光,余廷园,诸海涛,等.黄瓜连作对土壤理化性状及生物活性的影响研究[J].中国生态农业学报,2006,14(2):119-121.
- [2] 费颖恒,黄艺,严昌荣,等.大棚种植对农业土壤环境的胁迫[J].农业环境科学学报,2008,27(1):243-247.
- [3] 郭金岭,智利红,张歌.玉米秸秆基质对无土栽培莴苣生长的影响[J].北方园艺,2011(13):34-35.
- [4] 郭世荣.固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J].农业工程学报,2005,21(S):1-4.
- [5] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,1981.
- [6] 王学奎.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2006:122-123.
- [7] Peng S, Garcia F V, Laza R C, et al. Adjustment for specific leaf weight improves chlorophyll meter's estimate of rice leaf nitrogen concentration[J]. Agronomy Journal, 1993, 85(5): 987-990.

- [8] White J W. Relative significance of dietary sources of nitrate and nitrite[J]. J. Agric Food Chem, 1976, 24(1): 202-202.
- [9] 李会合,王正银,李宝珍.蔬菜营养与硝酸盐的关系[J].应用生态学报,2004,15(9):1667-1672.
- [10] Wang Y T, Blanchard M, Lopez R, et al. Greenhouse Grower[J]. Willoughby, 2005, 23(9): 70.
- [11] 李邵,薛绪掌,郭文善,等.硅藻土基质配方对盆栽观赏辣椒生长的影响[J].北方园艺,2008(11):1-4.
- [12] 张秀丽,张晓明,孙克威.秸秆型基质在甜椒育苗上的应用[J].北方园艺,2007(9):20-22.
- [13] 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.
- [14] 田聪聪,卮兰春,张哲,等.非草炭依赖型甜椒育苗基质筛选[J].北方园艺,2014(6):1-4.
- [15] 陈世昌,常介田,张变莉.菌糠复合基质在番茄育苗上的效果[J].中国土壤与肥料,2011(1):73-75.
- [16] 上海第一医院.食品毒理[M].北京:人民出版社,1978:204-205.
- [17] 刘文科,杨其长.设施无土栽培蔬菜硝酸盐含量的控制方法[J].北方园艺,2010(20):79-83.

Effect of Different Facilities Growing Media on the Growth and Quality of Lettuce

ZHANG Dan-dan^{1,2}, BAO Li¹, ZHANG Nai-ming^{1,2}, KANG Hong-yu^{1,2}

(1. Engineering Laboratory of Soil Fertility and Contaminated Restoration in Yunnan Province, Kunming, Yunnan 650201; 2. College of Resources and Environment, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract: Taking *Lactuca sativa* as test material, the effects of different growing medias on the growth and quality of lettuce were studied, to finding solutions for degradation of facilities agricultural soil quality and continuous cropping obstacle. The results showed that, the tests of binary complex revealed, diatomite and vermiculite with the ratio of 2:1 on lettuce growth was the best, compared to control (single-use vermiculite) increase of 224.65%, plant height, leaf number, chlorophyll SPAD values were the best, and can significantly decreased the nitrate content in lettuce (189.53 mg/kg). A variety of cultural matrix composite materials can significantly reduce the nitrate content, were significantly lower than the result of continuous cropping soil cultivation greenhouses, vermiculite: diatomite: coffee grounds: straw: biochar=1:2:1:3:2 was the best, when guaranteing biomass was the biggest, the nitrite content was the lowest.

Keywords: lettuce; protected cultivation; matrix; nitrate

工业技术在现代化设施农业中的重要角色

知识窗

设施农业是在人们生活水平不断增长的同时发展起来的,是在人为可控环境保护设施下的农业生产。目前已由简易塑料大棚、温室发展到具有人工环境控制设施的自动化、机械化程度极高的现代化大型温室和植物工厂。由于其投入高的特点,设施农业在具有高附加值、高效益、高科技含量的设施园艺领域发展迅速,其栽培主要对象为蔬菜、花卉和果树。近年来,设施畜牧养殖业也逐渐发展。

在发达的工业化影响下,设施农业也具有高度工业化的特征。设施农业本身就是工业化集成技术的产物,由于摆脱了自然的气候的影响,设施农业产品的生产完全可以实现按照工业生产方式进行生产和管理。而且不仅体现在种植过程中有其特定的生产节拍、生产周期,还体现在产品生产之后的包装、销售方面。与工业生产如出一辙,因此被称之为工厂化农业。设施农业中广泛采用现代工业技术,包括机械技术、工程技术、电子技术、计算机管理技术、现代信息技术、生物技术等。

机械技术:传感机械、耕作机械、包装机械、预冷机械、运输机械;工程技术:工程构架材料、工程塑料、覆盖材料、节水工程;计算机管理技术:光、温、水、气自动监控,机械自动化控制;现代信息技术:技术信息、产品信息、市场信息、生产信息;生物技术:生物制剂、生物农药、生物肥料等。物理技术:声波、电场、磁场、电功能水、纳米技术等。