

我国蔬菜无土栽培基质研究与应用进展*

刘 伟 余宏军 蒋卫杰**

(中国农业科学院蔬菜花卉研究所 北京 100081)

摘 要 本研究从基质原料选材、前处理措施,混合基质配比、养分提供,栽培基质的科学使用等方面重点介绍了我国无土栽培基质的新研究成果和应用方法,阐述了我国蔬菜无土栽培基质的研究与应用概况及发展趋势。

关键词 蔬菜 无土栽培 有机基质 进展

Review on research progress and application of growing media for vegetable production in China. LIU Wei, YU Hong-Jun, JIANG Wei-Jie (Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China), *CJEA*, 2006, 14(3): 4~7

Abstract The report introduces the new achievements and application methods including selecting substrates, pretreatments, the ratio of substrates mixed, nutrient supply and scientific use of substrates. The general situation of research, application and future trends of soilless culture substrates for vegetables in China is discussed as well.

Key words Vegetable, Soilless culture, Organic substrate, Progress

(Received Aug. 14, 2004; revised Oct. 16, 2004)

无土栽培主要包括水培、雾培和基质培等方式,其中基质培是无土栽培的最主要形式。受应用成本、实用性和操作管理难度等方面因素影响,目前世界上 90% 以上的商业性无土栽培是采用基质栽培方式。无土栽培基质的主要功能是支持、固定植株,并为植物根系提供稳定协调的水、气、肥环境。基质的研究是基质栽培的基础和关键^[1,2]。我国无土栽培起步较晚,但近年来发展速度较快。目前主要采用营养液膜技术(NFT)、深液流技术(DFT)、浮板毛管水培法(FCH)等水培技术以及岩棉培、袋培、槽培、鲁 SC 无土栽培法和有机生态型无土栽培技术等基质栽培技术。与发达国家一样,水培技术由于存在应用成本高、技术难度大等问题,发展较缓慢,而高效、低成本、傻瓜化的基质栽培技术逐渐成为研究开发的热点,发展速度非常快^[1,17]。世界上普遍应用的基质是草炭和岩棉,但这 2 种基质成本昂贵且草炭属不可再生自然资源,长期开采会使资源枯竭,地貌和生态环境遭到破坏。而岩棉不可浆解,长期应用会造成严重的环境污染。目前世界各国都在研究草炭/岩棉的替代物,如加拿大用锯末,以色列用牛粪和葡萄渣,英国用椰子壳纤维等均获得良好效果^[18,19]。低成本、环保型无土栽培基质成为我国研究的重点,新型无土栽培基质研究已取得重大进展并逐步走向产业化开发。

1 无土栽培基质原料选材

无土栽培基质原料包括有机基质材料 and 无机基质材料。选材原则应体现廉价、丰富、可再生及环保等方面。我国地域辽阔,有机资源丰富,每年仅农作物秸秆产量就达 4 亿 t 以上,目前利用还很不充分,每年有大量秸秆被焚烧,而被抛弃或燃烧的花生壳达 140 万 t,既浪费资源,又带来严重的环境问题。自 1990 年以来我国许多科研院校对本地丰富廉价有机资源进行了研究,中国农业科学院蔬菜花卉研究所利用各种农产废弃物(向日葵秆、玉米秆、玉米芯、菇渣、锯末等)作为原料配制有机生态型无土栽培基质栽培蔬菜,产量和品质均得到大幅度提高^[3,4];南京农业大学用稻壳、药渣和造纸废弃物苇末等材料尝试对基质进行产业化开发,效果较佳^[5~8];新疆农业科学院海南基地利用椰糠栽培厚皮甜瓜,有效解决了根系病害问题;华南农业

* 国家攻关项目(2004BA521B01)、国家科技基础条件平台工作项目(2003DIB2J091)、农业部蔬菜遗传与生理重点开放实验室资金项目和中国科技部-希腊发展部合作项目“低成本无污染无土栽培基质的评价与应用”资助。

** 通讯作者

收稿日期:2004-08-14 改回日期:2004-10-16

大学对当地资源丰富的甘蔗渣进行较深入研究和开发,因地制宜利用本地丰富廉价的农产废弃资源^[9];西南农业大学研究了农产废弃物基质中重金属含量和蔬菜产品器官中重金属含量的相关性,肯定有机基质的安全性^[10]。随着国家现代农业产业化项目的实施和人们对优质农产品需求的不断增加,蔬菜产品的有机基质栽培迅速成为研究和应用热点,且有机基质的取材范围得到扩展。

可作为基质原料的物质包括农、林业副产有机物及废弃物,如各种农作物秸秆(玉米秸、高粱秸、油菜秸、葵花秸、麦秸等)、各种农产品的副产物(椰子壳、玉米芯、花生壳、麦壳、稻壳等)、各种木材的锯末、刨花、树皮等;可二次利用的废弃有机物,如制糖厂榨糖后的甘蔗渣、生产食用菌后的蘑菇渣、造纸厂废渣芦苇末、糠醛渣、木糖渣、中草药渣、酒渣等;天然有机物,主要指草炭;有人也将畜禽粪便如鸡粪、牛粪、羊粪、马粪等作为有机基质原料用以配制无土栽培基质,而中国农业科学院蔬菜花卉研究所则利用这类含有丰富养分的资源,经过高温消毒或生物发酵等方式处理后,配制专用有机固态肥,应用于有机生态型无土栽培系统中,代替无机营养液供应作物养分^[3]。无机基质材料特别是惰性材料的研究和应用相对较成熟。目前可应用的惰性基质主要有石砾、陶粒、珍珠岩、岩棉、海绵(尿醛)、硅胶、碱交换物(离子交换树脂)斑脱土、沸石及合成树脂材料等^[1,2]。我国新开发应用的实用型无机基质主要包括炉渣、煤矸石(山东等地)、风化煤(山西等地)等。

2 无土栽培基质原料的前处理措施

作为栽培基质应达到如下标准:有适宜理化性质,易分解的有机物大部分分解,施入土壤后不产生氮的生物固定,通过降解除去酚类等有害物质,消灭病原菌、病虫卵和杂草种子^[20]。基质原料的形态和理化性状将直接影响栽培基质的理化性状,田吉林、奚振邦等通过不同颗粒粒径配比试验,研究颗粒粒径(孔径)分配对基质物理性质、水分常数和栽培黄瓜生长的影响,认为 $<0.5\text{mm}$ 、 $0.5\sim 1.0\text{mm}$ 、 $1.0\sim 2.0\text{mm}$ 、 $2.0\sim 3.0\text{mm}$ 、 $3.0\sim 5.0\text{mm}$ 5个粒径颗粒的体积比分别为10%、30%、30%、20%、10%的配比最好,其总孔隙度达到76%,非活性孔+毛管孔隙度与通气孔隙度的比例近似为1:1,水分有效性高,水气状况较为协调^[11]。同样,以各种形态结构不同的秸秆等有机材料原料配栽培基质,必须对秸秆进行前处理。

蒋卫杰等提出通过改变原料的形态和发酵等方法使其具有相对合理的形态和理化性状,为作物创造适合栽培环境条件,并有利于养分平衡和释放。有机基质原料的前处理技术主要包括破碎、容重测定、调节C/N值等。破碎。大部分农产废弃物的形态大小都不适合栽培基质的要求,需要经过破碎处理。通过试验,蒋卫杰等提出有机物破碎标准为经处理后,形成长短不一的条状破碎物,大部分长度为 $1\sim 2.5\text{cm}$,厚度为 $2\sim 5\text{mm}$,最长不超过 $4\sim 6\text{cm}$ 的破碎物所占比例 $<10\%$,粉末状碎渣所占比例 $<10\%$ 。容重测定。有机物经破碎后准确测定其容重,作为配栽培基质的计量基础。调节C/N值。农作物秸秆、锯末等有机质含量较高,具有较高的C/N值,直接使用会造成微生物和作物根系养分竞争,对作物生长产生不利影响。目前应用较多的调节C/N值方法是采用加氮后自然发酵的方式,但处理时间较长,采用添加酵母菌剂等微生物可加快基质处理速度,提高处理效果。蒋卫杰等认为,处理一般的秸秆基质材料,根据不同有机基质的C/N值,所加N量和发酵时间有所区别,由于同类有机基质材料的C/N值存在浮动范围,且随时间变化而改变,综合来看,鲜玉米秸、向日葵秸、麦秸、油菜秸等一些秸秆类物质的适宜加N量为 $0.5\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^3$,鲜锯末等一些高C有机基质的适宜加N量为 $1.0\sim 1.2\text{kg}/\text{m}^3$ 。放置较长时间的有机基质材料可先测定C/N值后确定加N量。堆放时间与发酵温度有关,并受外界气候条件的影响,在夏季处理效果较好,鲜秸秆类处理时间为 $25\sim 30\text{d}$,锯末等高C物质处理时间为 $90\sim 100\text{d}$ 。刘士哲等研究认为,通过堆沤和增施N肥处理,可使蔗渣成为育苗效果与泥炭相当的蔬菜育苗基质^[9]。蒋修梅认为锯末中加入 $7\text{kg}/\text{m}^3$ 尿素和 $0.21\text{kg}/\text{m}^3$ EM处理后可达到草炭基质的栽培效果^[12]。许多研究表明,添加微生物菌剂可加速有机物的分解腐熟,促进有机物料中有效氮的释放,使基质理化性质更易达到适宜范围,已报道的有EM、酵素菌、腐杆灵、BM等微生物菌剂。天然有机物草炭的原C/N值较合适,不必进行调整。

无机物质的前处理较简单,蛭石、珍珠岩、石英砂等均依原商品规格,不必进行处理。河砂粒径最好 $>1\text{mm}$,不能选择细面沙。炉渣如呈碱性,采用清水冲洗可降低其pH值,大块炉渣应打碎成小块状,通过 $1\sim 2\text{cm}^2$ 筛,较细的炉渣可作为无机材料。煤矸石、风化煤除不必用水冲洗外,处理同上。我国目前尚未研制专用的农用岩棉,采用保温用岩棉作为基质大多需浸泡,且使用效果不太理想。

3 混合基质研究与应用

栽培基质可分为无机基质、有机基质和有机无机混合基质(以下简称混合基质)。无机基质一般很少含

有营养,作物所需养分完全靠营养液供给,缓冲性较小,对设施和营养液的管理要求比较严格,应用成本相对偏高。有机基质的理化性状变化较大,稳定性相对较差,容易造成作物产量和品质的下降。而混合基质由结构性质不同的原料混配而成,可扬长避短,在水、气、肥协调方面优于无机或有机基质。中国农业科学院蔬菜花卉研究所根据有机生态型无土栽培系统对栽培基质的要求,提出适宜混合基质的标准为有机物与无机物之比按体积计最大可至8:2,有机质占40%~50%以上,容重 $0.30\sim 0.65\text{g}/\text{cm}^3$,总孔隙度 $>85\%$, $\text{C}/\text{N}=30$ 左右, pH 为 $5.8\sim 6.4$,总养分含量 $3\sim 5\text{kg}/\text{m}^3$ 。并参考该标准,根据试验结果,提出一些典型的混合基质配方,如草炭:炉渣=4:6;砂:椰子壳=5:5;草炭:玉米秸:炉渣=2:6:2;玉米秸:葵花秆:锯末:炉渣=5:2:1:2;油菜秸:锯末:炉渣=5:3:2;菇渣:玉米秸:蛭石:粗砂=3:5:1:1;玉米秸:蛭石:菇渣=3:3:4等。这些栽培基质适用范围较广,能适合大多数温室主要蔬菜作物和一些切花生产。

笔者采用炉渣和菇渣、锯末、玉米秸作为基质原料,设计3种混配基质比例为30:40:0:30(I)、30:10:20:40(II)、30:50:20:0(III),比较混合基质对番茄产量的影响结果表明,3种混合基质均可达到较好效果,总产量分别为 $35.44\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $36.05\text{kg}/\text{m}^2$ 、 $35.06\text{kg}/\text{m}^2$,差异不显著^[13]。田丽萍等(1998年)研究混合基质对番茄生育的影响同样发现,接近理想基质标准的不同配比的混合基质对番茄产量的影响差异不显著。各地科技人员根据自己的研究结果获得一些适用基质配方,如林冠雄等(1996年)用沙和蘑菇渣按3:7种植厚皮甜瓜;齐慧霞等(1998年)筛选出锯末和棉籽皮按1:1混合,锯末、棉籽皮和炉渣按1:1:1混合2种草莓无土栽培混合基质;朱世东等以锯末、碳化稻壳和河沙按8:1:1配制大棚黄瓜混合基质;秦嘉海等(2000年)以炉渣、发酵羊粪和生物有机无机复合肥按体积比3.5:1.5:0.5配制出番茄全营养混合基质;李静等(2000年)认为以煤渣:珍珠岩:菌渣=1:1:4可配制较理想的栽培基质种植莴笋;祖艳侠等(2001年)以1:1的草炭和菇渣配制黄瓜袋培混合基质;刘运峰等(2001年)以苇末和蛭石按1:1比例配制彩椒栽培基质;沈吾山等(2002年)以砻糠灰、锯末屑和有机肥料按6:3:1配制营养基质种植“圣女”樱桃番茄等。

4 栽培基质的养分利用

传统意义上的无土栽培主要依靠营养液供给作物所需的全价养分,栽培基质的养分含量往往被忽视,实际上各种有机基质含有丰富的营养成分,出于充分利用资源、尽量降低成本等方面考虑,蒋卫杰等(1996年)认为栽培基质应该是多功能的,除用以容纳根系生长、支撑地上部外,还是作物生长的重要营养源,含有各种大量和微量营养元素可为作物提供养分,尤其向日葵秸、玉米秸、菇渣含有较高的N和K,有机物质不断进行分解,能提供栽培作物所需的各种营养物质^[14]。蒋卫杰等采用不施肥方法连续5年种植9茬番茄,平均每年直接生产番茄 $43.635\text{t}/\text{hm}^2$,表明栽培基质具有较强的持续供应作物养分的能力。且采用农产废弃物代替草炭作为栽培基质,对番茄总产量的贡献差异不明显。进一步研究表明,混合基质本身的转化释放可满足作物对Ca、Fe、Mn、Zn、Cu等元素的吸收利用,仅需补充N、P、K等大量元素,即可使作物正常生长发育,取得理想的栽培效果^[14]。李萍萍用芦苇末栽培生菜,生菜收获后剩余基质含N量由1.21%降为1.11%,N素利用率为45.7%,表明芦苇末基质供肥特性强,N素利用率也较高,但超过2个月后应及时追肥,否则将导致养分亏缺^[7]。

5 基质的消毒、重复利用及后处理措施

部分基质原料和使用过的栽培基质要进行消毒处理,适用的基质消毒方法主要为蒸汽消毒、药剂消毒及太阳能消毒。蒸汽消毒比较安全但成本较高,药剂消毒成本较低但安全性较差,且会污染周围环境。太阳能是近年来基质栽培中应用较普遍的一种廉价、安全、简单实用的消毒方法。蒋卫杰等夏季高温季节在温室或大棚中把基质堆成 $<25\text{cm}$ 厚的堆,浇水使其含水量超过80%,之后用塑料薄膜覆盖,并密闭温室或大棚,暴晒10~15d,消毒效果良好,消毒成本很低。重复使用经过太阳能消毒的栽培基质,连续使用4年,蔬菜产量无明显降低。利用秸秆类基质进行无土栽培,基质分解十分迅速,如第1茬玉米秸的体积减少50%以上^[15],如以通常比例作为混合基质原料,将导致体积减少20%~30%,表明混合基质存在有机基质补充的需要,新鲜基质的补充将有利于稳定混合基质的理化性状,延长栽培基质的使用寿命,同时有效促进有机基质的产业化发展,形成良性循环。更新后的废弃基质具备丰富的有机质和养分,虽然用作无土栽培的效果受影响,但对土壤贫瘠的大田来说,仍是很好的土壤改良剂,可直接施于大田中。

6 新型栽培基质的使用效果

试验表明以农产废弃物为主要成分的新型栽培基质能显著提高蔬菜产量、改善蔬菜品质。“九五”期间

笔者采用炉渣、菇渣、锯末和玉米秸混配有机基质,施用有机固态肥,番茄产量最高达 $36.05\text{kg}/\text{m}^2$ 以上^[13],达到国内番茄栽培最高产量水平,且连续多年使番茄产量超过 $30\text{kg}/\text{m}^2$ 。李萍萍等采用纯芦苇末或配以20%珍珠岩做栽培基质,生菜产量比常规草炭基质提高10%以上,番茄比土壤栽培的产量增加30%以上^[7]。秦嘉海采用糠醛渣混合基质,番茄单果重比土壤对照增加25.40g,单株产量增加0.89kg,增产率为35.24%^[16]。李萍萍等发现菇渣栽培的黄瓜 V_c 含量比使用蛭石栽培增加1倍多,在对生菜进行的9个项目测定中,菇渣基质处理的可溶性固形物、 V_c 、P、K、Zn、Fe 6个指标明显优于蛭石处理。李静等发现新型基质可显著降低茼蒿中硝酸盐含量,使茼蒿中硝酸盐含量低于一级标准($\leq 432\text{mg}/\text{kg}$),充分满足无公害蔬菜生产的要求。

总之,新型基质的研究和应用大大降低了生产成本和操作管理难度,提高和改善了蔬菜的产量和品质,产生了显著的经济、社会和生态效益。为适应无土栽培基质产业化发展的需要,应对基质原料进行进一步筛选,对各主要基质原料的理化性状进行深入研究,并制定标准化生产工艺,在条件成熟时进行规模化生产。随着我国加入WTO和调整农业产业结构,设施园艺正得到迅速发展,园艺作物栽培基质的需求量不断增加,因地制宜,就地取材,充分利用各种丰富廉价资源所生产的优质、低成本、环保型无土栽培基质,必将在我国具有广阔的应用前景。

参 考 文 献

- 1 蒋卫杰,刘伟等. 蔬菜无土栽培新技术. 北京:金盾出版社,1988. 115~126
- 2 刘士哲. 现代实用无土栽培技术. 北京:中国农业出版社,2001. 4~25
- 3 蒋卫杰,刘伟等. 我国有机生态型无土栽培技术研究. 中国生态农业学报,2000,8(3):17~21
- 4 蒋卫杰,刘伟等. 几种农产废弃物作为草炭替代物在无土栽培中的应用. 农业工程学报,1998,14(12):177~180
- 5 李谦盛,郭世荣等. 利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质. 自然资源学报,2002,17(4):515~519
- 6 郭世荣,李式军等. 有机基质在蔬菜无土栽培上的应用研究. 沈阳农业大学学报,2000,31(1):89~92
- 7 李萍萍,毛罕平等. 芦苇末菇渣在蔬菜基质栽培中的应用效果. 南京农业大学学报,1998(5):12~15
- 8 程斐,孙朝晖等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析. 南京农业大学学报,2001,24(3):19~22
- 9 刘士哲,连兆焯. 蔗渣做蔬菜工厂化育苗基质的生物处理与施肥措施研究. 华南农业大学学报,1994,15(3):1~7
- 10 李静,赵秀兰等. 无公害蔬菜无土栽培基质理化特性研究. 西南农业大学学报,2000,22(4):112~115
- 11 田吉林,奚振邦等. 无土栽培基质的质量参数(孔隙性)研究. 上海农业学报,2003,19(1):46~49
- 12 籍修梅,孙治强. 锯末基质发酵腐熟的理化性质及对辣椒幼苗生长发育的影响. 河南农业大学学报,2001,35(1):66~69
- 13 刘伟,余宏军等. 温室番茄长季节无土栽培技术的研究. 中国蔬菜,2000(增刊):30~34
- 14 蒋卫杰,郑光华,汪浩等. 有机生态型无土栽培技术及其营养生理基础. 园艺学报,1996,23(2):139~144
- 15 蒋卫杰,余宏军等. 无土栽培基质重复利用对番茄生长、产量和基质性状的影响. 厦门大学学报,2001,40(10):37~42
- 16 秦嘉海,陈广泉等. 糠醛渣混合基质在番茄无土栽培中的应用. 中国蔬菜,1997(4):13~15
- 17 Jiang Weijie, Liu Wei, Yu Hongjun, *et al.* Development of soilless culture in mainland China. 农业工程学报,2001,17(1):10~15
- 18 Hardreck K. A. Properties of coir dust and its use in the formulation of soilless potting media commun. Soil Sci. Plant Anal., 1993, 24(3,4): 349~363
- 19 Meerow A. W. Growth of two subtropical ornamentals using coir as a peat substitute. Hort. Sci., 1994, 29(12):1484~1486
- 20 Bilderback T. E., Fontano W. C. Physical properties of media composted of peanut hulls, pine bark and peat moss and their effect on azalea growth. Hort. Sci., 1982, 107:522~525