

有机生态型无土栽培的基质和施肥技术研究进展

李赛群¹, 肖光辉^{2*}, 王志伟²

(1. 湖南省园艺研究所, 湖南 长沙 410125; 2. 湖南省西瓜甜瓜研究所, 湖南 长沙 410125)

摘要:对有机生态型无土栽培基质的材料处理、配制、理化性状、配方筛选、营养和有机生态型无土栽培的施肥技术进行了综述, 并对其发展前景进行了展望。

关键词:设施栽培; 有机生态型; 栽培基质; 施肥技术

中图分类号: S317

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2013)02-0194-06

Advance of application and research on substrate and fertilization technique of eco-organic type soilless culture

LI Sai-qun¹, XIAO Guang-hui^{2*}, WANG Zhi-wei²

(1.Hunan Horticultural Research Institute, Changsha 410125, China; 2.Hunan Watermelon and Muskmelon Research Institute, Changsha 410125, China)

Abstract: Substrates used in eco-organic type soilless culture were reviewed including material processing, formulae preparing, physical and chemical properties, formulae selecting and nutrients. And the fertilization techniques in this culture system were also summarized. Further, the outlook of their development trends was discussed.

Key words: facility cultivation; eco-organic type; culture substrate; fertilization technique

有机生态型无土栽培是指不用天然土壤、不用营养液灌溉植物根系, 而使用有机栽培基质和有机固态肥, 并直接用清水灌溉作物的一种无土栽培技术。该技术是中国农业科学院蔬菜花卉研究所自主研发、开发的一项适合中国国情、符合有机农业和农业可持续发展目标的低成本、高效益, 并具有显著经济、社会、生态效益的实用的无土栽培新方法。现对该方法基质和施肥技术的研究和应用情况进行综述。

1 有机生态型无土栽培的特点

1) 基质原料来源广, 可实现自然资源的循环利用。基质原料是种植业与养殖业的副产品或废弃物, 来源广, 成本低, 其成本比最简单的营养液基

质槽式栽培低 60%^[1]。该技术所施用的肥料以有机肥为主, 将无土栽培与有机农业相结合, 不污染环境, 且有利于自然资源的循环利用和农业生态环境的改善与提高。

2) 有机基质含有丰富的可供作物利用的营养元素, 不仅是植物生长发育重要的营养来源, 而且具有较强的吸收性能和缓冲作用, 使得在施固态肥料时能够调节植物养分的均衡供应。在作物生长过程中, 有机基质还能不断转化、释放养分, 具有持续供应作物养分的能力。有机基质中 Ca、Fe、Mn、Zn、Cu 等营养元素齐全, 在作物栽培过程中基本不需要添加微量元素^[1]。

3) 栽培操作简单, 易于推广。有机生态型无土栽培中用有机固态肥取代化学营养液, 在作物生长

收稿日期: 2013-01-05

基金项目: 湖南省农业综合开发科技示范推广项目(2010-15); 湖南省农业科技成果转化与推广项目(2010nk4022)

作者简介: 李赛群(1958—), 女, 湖南益阳人, 高级经济师, 主要从事科技管理与西瓜、甜瓜栽培技术研究与推广; *通信作者, xiaohank@hotmail.com

过程中定期追施固态肥料,灌溉系统只灌溉清水,突破了无土栽培必须使用化学营养液的传统模式^[1],因而其成本和操作难度大大降低,管理上与土壤栽培相似,一般只考虑 N、P、K 的供应总量及平衡。

4) 有效避免土壤连作障碍和土传性病害的蔓延。有机生态型无土栽培切断了土传病虫害的传播渠道,是克服设施栽培连作障碍最有效、最经济和最彻底的方法,基质的消毒也比土壤消毒更经济、更方便,并且可利用非耕地生产,减少农药用量,节水、节肥、省工,能提高作物的产量与品质。

2 有机生态型无土栽培的基质

2.1 基质材料的选择

基质材料包括有机材料和无机材料两大类。有机材料来源很广,包括各种农作物秸秆、炭化稻壳、麦壳、玉米芯、花生壳、棉籽壳、菇渣、椰子壳、树皮、锯末、刨花、甘蔗渣、酒糟、废棉花、芦苇末、废纸浆、中药渣、豆渣、菜籽饼、棉子饼、豆饼、畜禽粪便以及城市垃圾等。无机材料主要有河沙、炉渣、蛭石、珍珠岩等。一般选取廉价易得、无重金属污染、理化性状良好且性状较稳定、营养全面的基质,可根据当地资源优势因地制宜地选择。

2.2 基质材料的处理

对有机基质材料的处理要求易分解的有机物要大部分分解,酚类等有害物质要大部分降解,病原菌、虫卵和杂草种子要杀灭,所以,有机基质材料在使用前必须进行破碎与堆制发酵处理,即形态和大小不符合要求的农业废弃物要经过破碎处理,如农作物秸秆在堆制发酵前要切至长 $1 \sim 2.5 \text{ cm}$ ^[2],菇渣在堆制发酵前要破碎等;有机材料在使用前必须通过堆沤发酵降解,以除去酚类等有害物质,杀灭病原菌、虫卵和杂草种子等;具有较高碳氮比的基质材料,如农作物秸秆、锯末、芦苇末等,一般用加氮发酵的方式来降低基质原料的碳氮比。林天杰等^[2]在新鲜稻草中添加一定量的有机肥和氮素化肥进行发酵,结果表明,发酵过程中碳氮比下降,EC 值升高,N、P、K、Ca、Mg 的总含量上升,各养分速效态含量除氮外均增大。为了加快基质发酵速率,可以添加有效微生物,如郑奕等^[3]对菇渣进

行发酵时每 1 m^3 菇渣加入 0.2 kg 发酵微生物(百成生物菌肥)。

无机基质材料的处理较简单。河砂在使用时只需过筛除去较大的石砾。炉渣使用前需打碎过 $1 \sim 2 \text{ cm}^2$ 筛。基质如呈碱性,可用清水冲洗,使其 pH 达到 7 以下。商品蛭石、珍珠岩等不必处理即可直接使用。

2.3 基质的配制

有机基质可以单独使用,也可以二三种配合使用。有机基质都有其自身的特点,其透气性、保水性、pH、微量元素含量、分解速率均不相同,将基质混合可以起到各组份性能互补的作用。有机基质具有较高的盐基交换量,缓冲能力较大,容重小,孔隙度大,若与无机基质材料复配更能优化其理化性状,所以,常在有机基质中加入一定量的无机基质,如河沙、炉渣、蛭石、珍珠岩等。

基质混配时,有机物与无机物之比按体积计最大可达 $8 : 2$,有机质占 $40\% \sim 50\%$,容重 $0.30 \sim 0.64 \text{ g/cm}^3$,总孔隙度大于 85% ,碳氮比为 30 左右,pH $5.8 \sim 6.4$,总养分质量浓度 $3 \sim 5 \text{ kg/m}^3$ 。充分发酵后的有机基质材料,如果在发酵前已经对其组分进行了配制,发酵后其理化性状适合作物栽培,可直接作为基质使用;如果发酵后其理化性状不适合作物栽培,那么需与其他材料混合后使用,如菇渣发酵后其全 N、全 P、全 K 含量较高,不宜直接作为基质使用,应与河沙、炉渣、珍珠岩、蛭石等无机基质混合使用,且菇渣比例一般不超过 70% 。

2.4 基质的理化性状

基质的主要理化性状参数包括容重、比重、孔隙度、pH、电导率(EC)、阳离子交换量(CEC)、含水量等,其中,总孔隙度、通气孔隙度,pH 和电导率是重要的理化参数。

国内对栽培基质理化性状研究的报道^[4-6]较多,但缺乏比较系统的研究。程斐等^[4]认为芦苇末有机基质的密度偏小,孔隙度偏大,保水性较弱,阳离子交换量为 80.13 cmol/kg ,EC 值为 1.83 mS/cm ,pH 为 7.87,其缓冲性强,N、P、K 含量显著高于其他基质,中、微量元素含量能够保证作物生长的需要,在实际应用中应与其他基质按一定比例混配使用。李谦盛等^[5]认为,当芦苇末基质与

10%~25%蛭石混合时,复配基质的总孔隙度约为75%,持水孔隙约为55%,通气孔隙为15%~20%,固、液、气三相比例适合作物生长。菇渣单一使用作栽培基质时虽然存在pH偏大、EC值偏高、保肥性较差和容重较小的缺点,但菇渣与其他基质合理混配后可以部分替代泥炭^[6]。

生产上常用栽培基质的理化性状为:容重0.1~0.8 g/cm³,总孔隙度75%以上,大小孔隙比0.5左右,阳离子交换量大,保肥性好,pH接近中性,并有一定的缓冲能力,具一定的碳氮比。关于有机基质理化性状的质量标准虽有报道,但参数太多,标准不一,可操作性差,目前国内还没有统一标准。李谦盛^[7]认为理想的有机基质的理化性状为:容重0.15~0.8 g/cm³,总孔隙度70%~90%,通气孔隙15%~30%,持水孔隙40%~75%,EC值0.75~2.00 mS/cm(育苗)或0.75~3.5 mS/cm(栽培),pH 5.8~7.0,CEC值大于6 me/(100 cm³)。但当基质的EC值为2.6~2.7 mS/cm时,蔬菜的根系会受损,生长受到抑制;如果EC值为2.8 mS/cm以上时,则蔬菜不能生长。

2.5 基质的配方

2.5.1 育苗基质配方

目前主要通过作物长势和产量等对基质进行评价。关于育苗基质配方筛选的研究较多,比较常见的价格便宜、使用效果好且适应于不同地区的育苗基质配方有。

西瓜的配方:菇渣、泥炭、土、膨化鸡粪的体积比为1 1 1 0.01^[8]。

黄瓜的配方:菇渣、珍珠岩的体积比为2~3 1^[9],或菇渣、玉米秸、河沙的体积比为2 2 1^[10]。

番茄的配方:菇渣、珍珠岩的体积比为2~3 1^[9]。

辣(甜)椒的配方:菇渣、珍珠岩的体积比为2~3 1^[9];芦苇末、蛭石的体积比为3 1^[11]。

2.5.2 栽培基质配方

关于蔬菜栽培基质配方的报道很多,现筛选几种比较典型的配方供生产中参考使用。

2.5.2.1 茄果类蔬菜的栽培基质配方

番茄的配方:麦秸、炉渣的体积比为7 3;棉

籽壳、炉渣的体积比为5 5;麦秸、锯末、炉渣的体积比为5 3 2;玉米秸、菇渣、炉渣的体积比为3 4 3;玉米秸、锯末、菇渣、炉渣的体积比为4 2 1 3,另加消毒鸡粪10 kg/m³、复合肥1 kg/m³^[12];玉米秸、菇渣、炉渣或河沙的体积比为3 3 4,加鸡粪15 kg/m³、饼肥2 kg/m³^[13]。

茄子的配方:菇渣、玉米芯、炉渣的体积比为3 3 4,另加复合有机肥10~15 kg/m³、有机生态型无土栽培专用肥10 kg/m³、过磷酸钙3 kg/m³^[14]。

辣椒的配方:木薯皮、甘蔗渣、菇渣、炉渣的体积比为1 2 2 1,另加干鸡粪或鹤粪20 kg/m³、磷酸二铵0.5 kg/m³^[15];体积比6 4的秸秆和牛粪、菇渣、炉渣的体积比为5 2.5 2.5^[16];炉渣、菇渣的体积比为1 3,另加腐熟棉籽饼5 kg/m³、消毒鸡粪5 kg/m³;炉渣、菇渣、锯末、稻壳的体积比为2 6 1 1,加腐熟棉籽饼5 kg/m³、消毒鸡粪5 kg/m³^[17]。

2.5.2.2 瓜类蔬菜的栽培基质配方

西瓜的配方:稻壳、河沙、腐熟鸡粪的体积比为3 1 1^[18]。

甜瓜的配方:菇渣、秸秆、河砂、炉渣的体积比为4 2 1 0.25;菇渣、河砂、炉渣的体积比为4 1 0.25;草炭、蛭石、珍珠岩的体积比为1 1 1,另加有机肥10~20 kg/m³、复合肥1~2 kg/m³、过磷酸钙0.5 kg/m³、磷酸二氢钾0.5 kg/m³^[19];菇渣、河沙的体积比为1 1,加商品有机肥料20 kg/m³^[20]。

黄瓜的配方:菇渣、草炭、珍珠岩的体积比为1 1 1,另加有机生态型专用肥3 kg/m³、尿素1 kg/m³、饼肥1 kg/m³、膨化鸡粪3 kg/m³、过磷酸钙1 kg/m³^[21];菇渣或草炭、珍珠岩的体积比为2~3 1,另加消毒鸡粪10 kg/m³^[22]。

冬瓜的配方:木屑、菇渣、河沙的体积比为2 2 1,另加消毒鸡粪25 kg/m³和复合肥2 kg/m³^[23]。

西葫芦的配方:木屑、炉渣的体积比为1 1,另加有机生态型无土栽培专用肥10 kg/m³、硫酸铵0.5 kg/m³、三元复合肥2 kg/m³^[24]。

2.5.2.3 其他蔬菜的栽培基质配方

有研究^[25]表明,鸡粪、蛭石、炉渣的体积比为4 3 3和鸡粪、蛭石、炉渣、菇渣的体积比为

4 2 2 2 适合一般蔬菜栽培。菇渣、炉渣的体积比为 1 (1~1.5), 加消毒膨化鸡粪 10 kg/m³、三元复合肥 2 kg/m³ 适合空心菜等叶菜类栽培^[26]。

3 有机生态型无土栽培的施肥技术

有机栽培基质的保肥能力强, 养分释放较慢, 肥料利用率高。朱世东等^[27]采用淋洗的方法研究有机基质中养分的释放规律, 结果表明, 基质中 N 的释放量较 P₂O₅ 和 K₂O 的大, 而 K₂O 的释放较 N 和 P₂O₅ 的快, 100 d 内 N、P₂O₅ 和 K₂O 的淋洗释放量分别占基质总量的 31.28%、3.02% 和 8.34%; 最初 20 d, N、P₂O₅ 和 K₂O 的淋洗释放量均超过了其淋洗释放总量的 1/3, 之后释放速率减小, 第 80 天时, N、P₂O₅ 和 K₂O 淋洗释放量分别为其淋洗释放总量的 8.79%、13.48% 和 9.01%。孙军利等^[28]较系统地研究了黄瓜有机生态型无土栽培 N、P、K 的需肥规律, 早期的 N、K 肥需求量较多, 中期对 K 肥的需求量增高, 在结果后期对 P、K 肥的需求量较大。蒋卫杰等^[1, 29]发现番茄定植后 20 d, 基质中速效氮显著下降, 需要通过追肥补充养分才能使基质中氮的水平维持在一个适宜范围内。基质中速效钾含量的变化与速效氮含量的变化类似, 也需要通过定时定量追肥来补充, 以维持基质中钾的营养水平。磷在基质中消耗较少, 并且有积累的趋势, 因此可以减少磷肥的追施量以节约成本^[1]。与土壤栽培相比, 有机生态型无土栽培可大大提高肥料的利用率, 节省肥料用量, 降低生产成本^[29]。

3.1 有机与无机固态肥配比

尽管有机基质养分齐全, 肥效持久, 但养分释放缓慢, 难以在作物需要养分的高峰期提供足够的养分。果菜类结果期对养分的需求量大大增加, 此时单靠基质本身的养分释放难以保证充足的养分供应, 所以需要追施化肥, 利用无机化肥养分集中、肥效快的特点, 达到补充蔬菜所需养分的目的。有研究^[30-31]表明, 完全用有机肥料进行基质栽培难以获得高产, 有机肥和无机肥配合使用, 以有机肥为主、化肥为辅, 不仅可以提高作物的产量和保证作物的品质, 而且较易被生产者接受。例如, 将有机基质栽培与追施化肥相结合, 能够在不降低品质的

前提下提高黄瓜产量^[30]; 有机、无机固体肥配合施用可以显著提高菠菜的品质和产量, 其可食部位维生素 C 的含量也明显提高, 并能有效降低植株内硝酸盐的含量^[31]。

3.2 选择适宜的施肥量

关于适宜施肥量研究的主要蔬菜作物为茄果类和瓜类蔬菜, 其中比较有代表性的研究结果有:

李祥云等^[32]对番茄、黄瓜、茄子和甜椒等穴盘育苗适宜施肥量的研究表明, N、P₂O₅、K₂O 的适宜施用量, 番茄分别为 0.2、0.4、0.2 kg/m³; 黄瓜分别为 0.8、0.2、0.1 kg/m³; 茄子分别为 0.8、0.4、0.2 kg/m³; 甜椒分别为 0.4、0.4、0.4 kg/m³。

蒋卫杰等^[33-34]对番茄基质高产栽培氮磷钾施肥方案的研究结果表明, 番茄长季节栽培时, 固态 N、P 和 K 肥的施用量对其早期、中期和后期的产量都有明显影响, 最佳 N、P₂O₅、K₂O 施肥量前期分别为 0.72、0.32、1.04 g/(株·次); 中期分别为 0.85、0.22、1.40 g/(株·次), 期间 N、K 肥的需求量增加; 后期分别为 0.78、0.25、1.27 g/(株·次), 期间 N、K 肥的需求量均稍有下降。

鄂利锋等^[35]对辣椒有机生态型无土栽培专用肥最大利润施肥量的研究表明, 辣椒的单果重、单株果重和产量随着专用肥(含 N 20%, P₂O₅ 4%, K₂O 25%)施用量的增加而增加, 但单位肥料施用量的增产效果递减, 辣椒最大利润施肥量为 0.148 kg/m², 此时的理论产量为 6.69 kg/m²。

西瓜适宜施肥量的研究结果: 化肥用量=(1.5 倍西瓜目标产量需肥量 - 有机基质中速效养分量)/化肥中养分吸收率(N、P、K 的吸收率分别为 60%、30% 和 70%)^[18]。

甜瓜适宜施肥量的研究结果^[36]: 春茬化肥用量=(甜瓜目标产量需肥量 - 有机基质中速效养分量)/化肥中养分吸收率(N、P、K 的吸收率分别为 60%、30% 和 70%); 秋茬化肥用量=(1.5 倍甜瓜目标产量需肥量 - 有机基质中速效养分量)/化肥中养分吸收率。

黄瓜适宜施肥量的研究结果^[30]: 高追肥量(624.15 kg/hm² 尿素+561.15 kg/hm² 硫酸钾)和中追肥量(415.80 kg/hm² 尿素+374.25 kg/hm² 硫酸钾)处理黄瓜的株高、叶片数和单株叶面积较高, 结瓜习

性较好,叶片叶绿素含量和光合速率均较高,黄瓜的维生素C、可溶性蛋白、可溶性糖含量和产量都显著高于其他处理,但果实硝酸盐含量随化肥施用量的增加而增加。

大量的研究结果和生产实践表明,有机基质中每 1 m^3 基质所含基肥量为:N $0.8\sim 1.8\text{ kg}$, P_2O_5 $0.3\sim 0.5\text{ kg}$, K_2O $0.55\sim 0.95\text{ kg}$ 。每 1 m^3 基质每次的追肥量为:N $80\sim 140\text{ g}$, P_2O_5 $40\sim 70\text{ g}$, K_2O $80\sim 160\text{ g}$ 。采用全有机基质配方每次每 1 m^3 基质的追肥量为 $2.5\sim 2.8\text{ kg}$;采用有机无机基质配方则每次每 1 m^3 基质的追肥量为 $0.75\sim 1.1\text{ kg}$ 。追肥次数应根据所种作物生长期的长短灵活掌握。刘伟等^[34]根据番茄对N、P、K的吸收比例(N、 P_2O_5 、 K_2O 质量比为 $1\ 0.251\ 1.141$)配制了有机无机固态专用肥,该肥料的适宜基肥施用量为 $12\sim 17\text{ kg/m}^3$ 。基肥施用量少虽然可以节约肥料成本,但追肥对番茄产量会造成较大影响。

4 有机生态型无土栽培的发展趋势

在农业生产中,生产的农作物只回收了小部分,大部分留在了作物残体中。中国各类农作物秸秆资源非常丰富,年产量达 $7.945\times 10^8\text{ t}$,并且每年增长 $1.251\times 10^7\text{ t}$,其中95%以上以不同的方式得以耗散,资源浪费严重^[37]。如何利用这些有机废弃物已成为亟需解决的问题。有机生态型无土栽培是建立在充分利用农业生态系统中有机物质资源的基础上的,在目前农业环境污染和生态恶化已经成为阻碍农业持续发展和影响人体健康的重要因素的情况下,实现自然资源的可循环利用、利用有机固体废物合成有机生态型栽培基质是自然资源循环利用与农业可持续发展的有效途径,这对推动中国无公害食品行动计划的实施、促进有机农业的发展将起到重要作用。

利用可再生的有机废弃物资源合成有机生态型栽培基质,不仅可以缓解规模化养殖、食用菌栽培等快速发展带来的环境压力,减少因废弃物焚烧、排放、废置所造成的环境污染,而且可以为有机废弃物的综合利用开辟有效途径。有机生态型无土栽培能变废为宝,节约自然资源,实现生态环境的良性循环,符合有机农业和农业可持续发展的要

求,具有较大的经济效益、社会效益和很好的生态效益,将是中国今后设施栽培的主要发展方向,具有广阔的发展前景。复合基质的配制利用了不同基质材料的理化性质特点,扬长避短,优势互补,可使基质的稳定性、保水保肥性、通气性、透水性、缓冲性达到协调状态,有利于植物的生长和栽培管理,所以,复合基质的配制和使用是有机生态型无土栽培的发展方向。栽培基质的理化性状参数是基质标准化生产的技术基础,是肥料管理的依据和基质重复利用的前提,所以有机生态型栽培基质的适宜理化性状参数的研究将是今后基质研究的重要内容。

基质作为无土栽培的基础,其质量关系到整个栽培过程的优劣甚至成败,所以,基质必须具有比较固定的配方、稳定的成分和结构、可靠的性能及很好的理化性状,要方便包装和运输。基质的生产技术及生产工艺应适应标准化、规模化、工厂化生产的需要。基质工厂化生产在中国还刚起步,建立标准的基质生产操作规程与质量评价标准,使基质生产标准化、规模化、工厂化是有机生态型无土栽培基质发展的必然趋势,也是今后研究与开发的重点。用芦苇末、中药渣、菇渣、甘蔗渣、稻壳等材料尝试对基质进行产业化开发的效果较好,南京农业大学等单位利用造纸厂下脚料芦苇末合成的有机生态型栽培基质被广泛应用于蔬菜作物的育苗与栽培之中,且效果良好,目前已进行商品化生产,填补了中国无土栽培中缺少商品化轻型有机基质的空白^[38]。

参考文献:

- [1] 蒋卫杰. 有机生态型无土栽培番茄营养生理与优化施肥研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [2] 林天杰, 黄建春, 龚宗浩, 等. 稻草发酵过程理化性质变化及其作为栽培基质的研究[J]. 上海农学院学报, 2000, 18(2): 101-106.
- [3] 郑奕, 姚永康, 周志疆, 等. 有机废弃物生产园艺基质的研究[J]. 江西农业学报, 2009, 21(9): 160-162.
- [4] 程斐, 孙朝晖, 赵玉国, 等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析[J]. 南京农业大学学报, 2001, 24(3): 19-22.
- [5] 李谦盛, 裴晓宝, 郭世荣, 等. 复配对芦苇末基质物理性状的影响[J]. 南京农业大学学报, 2003, 26(3):

- 23-26.
- [6] 时连辉, 张志国, 刘登民, 等. 菇渣和泥炭基质理化特性比较及其调节[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 199-203.
- [7] 李谦盛. 芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨[D]. 南京: 南京农业大学, 2003.
- [8] 胡桂华, 李进, 张雪峰, 等. 西瓜穴盘育苗基质筛选试验[J]. 上海蔬菜, 2008(2): 82.
- [9] 李晓强, 卜崇兴, 郭世荣. 菇渣复合基质栽培对蔬菜幼苗生长的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3): 517-520.
- [10] 曹红星, 程智慧, 孟焕文. 几种复合基质对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(5): 111-114.
- [11] 李谦盛, 郭世荣, 翁忙玲, 等. 不同配比芦苇末基质应用于甜椒穴盘育苗的效果[J]. 江西农业大学学报, 2003, 25(3): 347-350.
- [12] 杜中平. 日光温室番茄有机生态型无土栽培关键技术[J]. 山东蔬菜, 2010(1): 19-21.
- [13] 秦新惠, 郁继华. 樱桃番茄有机生态型无土栽培基质筛选试验研究[J]. 农业工程技术(温室园艺), 2009(3): 42-43.
- [14] 王生文, 汪刚, 付鹏国. 茄子长季节有机生态型无土栽培技术[J]. 西北园艺, 2011(9): 6-7.
- [15] 陈振宇. 彩色甜椒塑料大棚有机生态型无土栽培技术[J]. 热带农业科学, 2010, 30(5): 64-65.
- [16] 刘佳, 郁继华, 冯致, 等. 追肥对有机生态型无土栽培辣椒生长发育与产量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 46(3): 28-34.
- [17] 郭图强. 彩椒有机生态型无土栽培基质的筛选[J]. 中国农学通报, 2005, 21(5): 278-280, 283.
- [18] 陈四明. 槽式有机基质栽培对西瓜和甜椒生长发育、生理特性及施肥效应的影响[D]. 济南: 山东农业大学, 2010.
- [19] 刘发伦, 溥凤. 甜瓜有机生态无土栽培技术[J]. 科学种养, 2011(6): 51-52.
- [20] 沈海燕. 洋香瓜简易基质无土栽培技术[J]. 长江蔬菜, 2011(23): 24-25.
- [21] 陆志健, 丁宁, 温小玲. 温室黄瓜有机生态型无土栽培技术[J]. 上海蔬菜, 2011(1): 74-75.
- [22] 马桂花. 日光温室黄瓜有机生态型无土栽培技术[J]. 北方园艺, 2011(19): 44-45.
- [23] 庄华才, 高芳云, 何建齐, 等. 迷你小冬瓜有机生态型无土栽培技术[J]. 广东农业科学, 2009(2): 94-95.
- [24] 李永红. 日光温室西葫芦有机生态型无土栽培技术[J]. 现代农业科技, 2010(7): 142, 145.
- [25] 徐刚. 瓜果类蔬菜有机基质栽培技术研究[J]. 南京农专学报, 2003, 19(1): 28-32.
- [26] 刘本文, 许宇恒. 空心菜有机生态型无土栽培技术[J]. 现代农业科技, 2008(20): 42.
- [27] 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.
- [28] 孙军利, 赵宝龙, 蒋卫杰, 等. 氮、磷和钾肥施用量对有机生态型无土栽培温室黄瓜产量影响的研究[J]. 北方园艺, 2006(6): 10-12.
- [29] 蒋卫杰, 余宏军. 蔬菜有机生态型无土栽培营养生理研究进展[J]. 中国蔬菜, 2005(增刊): 27-31.
- [30] 段崇香, 于贤昌. 有机基质栽培黄瓜化肥施用技术的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2003, 9(2): 238-241.
- [31] 胡学玉, 刘寒迁, 张继铭. 菠菜有机生态型基质栽培施肥技术研究[J]. 长江蔬菜, 2003(2): 34-35.
- [32] 李祥云, 赵明, 高峻岭, 等. 穴盘育苗基质的养分供应对蔬菜幼苗生长的影响[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2002, 33(4): 442-447.
- [33] 蒋卫杰, 余宏军, 朱德蔚, 等. 基质高产栽培番茄氮磷钾优化施肥方案研究[J]. 中国农业科技导报, 2006, 8(5): 45-49.
- [34] 刘伟, 余宏军, 蒋卫杰. 温室番茄长季节无土栽培技术的研究[J]. 中国蔬菜, 2000(增刊): 30-34.
- [35] 鄂利锋, 秦嘉海, 吕彪, 等. 辣椒有机生态型无土栽培专用肥最大利润施肥量的研究[J]. 长江蔬菜, 2010(22): 54-56.
- [36] 高俊杰. 有机基质型无土栽培甜瓜化肥施用效应的研究[D]. 济南: 山东农业大学, 2004.
- [37] 钟华平, 岳燕珍, 樊江文. 中国作物秸秆资源及其利用[J]. 资源科学, 2003, 25(4): 62-67.
- [38] 郭世荣, 李式军, 程斐, 等. 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.

责任编辑: 王赛群

英文编辑: 王 库