

固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势

郭世荣

(南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

摘要: 随着无土栽培和穴盘育苗技术的广泛应用, 固体基质的需求量日益增大, 基质市场迅速壮大, 栽培基质的开发和应用已成为重要的研究领域。该文在分析栽培基质应用和市场前景的基础上, 综述了国内外栽培基质材料开发、基质合成、性状研究与改良的现状, 及已取得的主要成果和存在的问题, 指出了栽培基质今后的发展趋势。

关键词: 栽培基质; 研究现状; 发展趋势

中图分类号: S31

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)S-0001-04

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

Guo Shirong Research progress, current exploitations and developing trends of solid cultivation medium [J]. Transactions of the CSAE, 2005, 21(Supp): 1- 4 (in Chinese with English abstract)

0 引言

随着设施园艺的迅速发展, 无土栽培技术和穴盘育苗技术正在大面积、大范围推广应用, 较快地促进了固体栽培基质的研究、开发和应用, 许多安全、优质、方便、良好的固体栽培基质不断地被研制、合成和使用。现就近年来国内外栽培基质的研究现状及今后的发展趋势综述如下, 供同行参考。

1 固体基质需求量日益增大, 市场前景广阔

1.1 栽培基质需求骤增

在无土栽培中, 固体基质的使用非常普遍, 从基质的以固体基质为主作为栽培介质, 到水培中的育苗阶段和定植时固定和支持作物, 都需要应用各种不同的固体栽培基质。

固体基质栽培简称基质培, 与水培相比, 设施简单、投资成本低。由于基质具有一定的缓冲作用, 固体基质所形成的根际环境养分、水分、pH 值和温度等变化缓慢, 栽培管理简单, 与土壤栽培有许多相似之处, 栽培技术容易掌握。国外设施园艺发达国家, 如荷兰等主要采用营养液浇灌的岩棉做基质培, 栽培效果非常理想。近年来岩棉培在世界范围内扩展速度很快, 在许多国家已成为无土栽培的主要形式, 固体岩棉的需求量激增, 配套的栽培技术、重复利用技术、处理技术等需要深入研究。中国结合国情开发形成多种形式基质培, 尤其是结合安全优质农产品的生产开发的有机基质培在全国各地被广泛采用, 如中国农科院蔬菜花卉研究所开发形成的有机生态型无土栽培技术在许多地方推广应用。中国是居世界第一位的设施园艺大国, 设施园艺栽培面积在

200 万 hm^2 以上, 但据不完全统计, 全国无土栽培面积仅 1070 hm^2 , 所占比例非常之低; 而日本无土栽培面积占温室面积的20% 以上, 荷兰等国则占温室面积的90% 以上, 所以中国无土栽培的发展有很大空间, 需要大量安全、优质、使用方便的固体栽培基质。

另外, 随着植物容器栽培的发展, 在传统的花卉、园林植物的盆栽、钵栽中, 轻型固体基质因为便利, 被大量采用; 还有园艺、园林植物的立体栽培, 特殊需要的钵式栽培, 在新疆和东南沿海各地推广应用, 如南京农业大学开发形成的NAU-G 型钵钵栽培装置, 已广泛应用于高档网纹甜瓜的避病栽培, 诸如此类的栽培都需要大量固体栽培基质。

1.2 育苗基质需求激增

穴盘育苗技术自20 世纪60 年代开发, 到80 年代在世界各国推广应用, 这种以草炭、蛭石等轻型基质做育苗载体, 用穴盘做育苗容器, 采用机械化精量播种, 一次成苗的现代化育苗体系越来越受到种苗生产者的青睐。穴盘育苗的作物种类和育苗规模日益扩大, 已成为当今蔬菜等园艺作物育苗的主要方式, 也为水稻、棉花、玉米等大田作物所采用。穴盘育苗省工、省力、成本低、效率高, 便于优良品种推广和标准化育苗; 其成苗便于远距离运输和机械化移栽, 定植对根系无伤害, 缓苗快, 因此, 对实施农业生产机械化、规模化及持续高效发展具有特别重要的意义。中国在20 世纪80 年代中期已开始引进穴盘育苗技术, 各地相继建成近百个育苗场, 特别是1998 年以来, 福州、上海、北京、江苏、山东等地分别从西班牙、荷兰、美国、以色列、韩国等国引进大型连栋温室和精量播种生产线, 较快地促进了中国穴盘育苗技术的发展, 仅北京利得农业科技开发公司穴盘年销量就在30 万只以上, 穴盘育苗量日益增大, 对所用固体基质提出了质的要求和量的需要。

2 栽培基质的研究开发现状

2.1 基质材料的开发

砂砾最早被植物营养学家和植物生理学家用来栽

收稿日期: 2005-09-30

基金项目: 国家863 计划项目(2004AA 247010); 江苏省农业三项工程项目(SX2003054); 江苏省科技攻关重大项目(BE2002304)

作者简介: 郭世荣(1958-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事设施园艺、蔬菜生理的科研与教学工作。南京 南京农业大学园艺学院, 210095。Email: shirongguo@yahoo.com.cn

培作物, 研究作物的养分吸收、生理代谢以及植物必需的营养元素和生理障碍等, 因此, 砂砾可以说是最早的栽培基质。随后可作为栽培用的固体基质很快扩展到石砾、陶粒、炉渣、珍珠岩、岩棉、海绵、泡沫塑料、硅胶、离子交换树脂、泥炭、锯末、树皮、花生壳、稻壳、菇渣、芦苇末以及一些混合物等各种各样的天然基质和人工合成基质, 可分为无机基质、有机基质和复合基质等。近年来, 世界各国尤其是中国各地充分利用当地资源, 以工农业有机固体废弃物为材料合成本土化固体栽培基质。

2.2 基质合成研究

泥炭是传统的理化性状优良、使用效果良好的栽培基质, 然而泥炭是有限的天然资源, 过量开采会破坏沼泽地的生态环境。因此, 各国政府和研究者都在不断研究开发新的基质材料, 探求合成理想的栽培基质, 供生产需求。

在设施园艺发达国家, 如荷兰、美国、英国、日本等都有专门的基质研发机构和生产企业。早在 1840 年美国人首先在夏威夷制造出岩棉, 1968 年丹麦的 Grodah 公司用其作无土栽培基质, 1970 年荷兰人用岩棉培植植物获得成功, 其后在世界范围内大面积推广应用, 推动了无土栽培技术的发展; 后来相继开发了蛭石、珍珠岩等, 用作栽培基质; 开发应用的基质还有美国加州大学 UC 系统的 Ucmix、美国康乃尔大学开发的 4 种混合基质、英国温室作物研究所开发的 GCR I 混合物等。

中国人工大规模合成栽培基质比较晚, 而利用石砾、砂子等天然基质则较早, 蛭石、珍珠岩已工厂化生产, 广泛被利用。1987 年江苏省农科院与南京玻纤院合作研制开发农用岩棉, 在蔬菜、花卉培育中采用, 取得了良好的效果, 但由于种种原因, 未能坚持下来; 1998 年开始, 南京农业大学和江苏大学合作, 以纸厂下脚料芦苇末为原料, 采用生物发酵技术合成芦苇末有机栽培基质, 并实现了规模化生产, 取得了良好的栽培效果, 带来了理想的生态效益、经济效益和社会效益; 近年来, 各地利用制造柠檬酸的下脚料、中药厂药渣、醋厂醋渣、酒厂酒渣、能源厂沼渣、纸厂废纸浆以及稻壳、椰子壳、棉籽壳、油粕、豆渣、甘蔗渣、菇渣、锯末屑、树皮、作物秸秆等工农业有机固体废弃物为原料, 研究开发合成有机栽培基质, 应用于育苗和栽培之中, 取得了一定的效果, 但真正形成产业化的基质产品很少, 有待于进一步深入研究。

2.3 基质性状的研究与改良

基质的性状包括物理性状、化学性状与生物学性状, 栽培基质作为作物生长的介质, 要能够为作物生长提供良好的水、气、肥根际环境, 应具有支持、固定植株和供给水分、养分和氧气的功能, 保证根际的气体交换, 这些基质功能的发挥都是由栽培基质本身的性状所决定的。因此, 长期以来对基质的性状进行了广泛的研究, 并致力于基质性状的改良。

2.3.1 基质的物理性状

对栽培作物影响较大的基质物理性状主要有容重、总孔隙度、持水量、大小孔隙比(气水比)和粒径等。

基质的容重和通气状况: 容重与基质的质地、比重、粒径和松紧程度密切相关, 一般认为, 小于 0.25 g/cm^3 属于低容重基质, $0.25 \sim 0.75 \text{ g/cm}^3$ 属于中容重基质, 大于 0.75 g/cm^3 属于高容重基质, 而基质容重在 $0.1 \sim 0.8 \text{ g/cm}^3$ 范围内栽培作物效果较好; 基质的通气性状主要用基质的总孔隙度、通气孔隙和大小孔隙比来表示, 与基质的容重、粒径和松紧程度密切相关。一般认为, 通气孔隙(大孔隙)小于 5% 的基质属低孔隙度, 5% ~ 30% 的基质属于中等孔隙度, 而大于 30% 的属高孔隙度。一般来说, 基质的总孔隙度在 54% ~ 96% 范围内即可, 适宜的基质孔隙状况是同时能提供 20% 的空气和 20% ~ 30% 易利用水, 大小孔隙比在 1 ~ 4 范围内为宜。基质的容重和孔隙度相结合反映基质的轻重和通气状况, 不同类型的基质按一定的比例混合可以调整基质的容重和通气状况; 基质的粒径直接影响着容重、总孔隙度和大小孔隙比, 基质的粒径、颗粒大小应适中, 不同种类的基质, 各有适宜的粒径。砂粒粒径以 $0.2 \sim 2.0 \text{ mm}$ 为宜, 陶粒则在 1.0 cm 以内为好, 而块状岩棉基质粒径大小并不重要。基质还应有较好的形状和表面特性, 不规则不带尖锐棱角的粗糙表面, 具有较大的比表面积, 以及多孔的基质有利于增加基质的持水孔隙, 有利于增强基质的持水力。许多轻型有机基质在堆制和使用过程中, 由于有机物质的分解、颗粒的破碎和压实, 使基质的容重、孔隙度、大小孔隙比等发生明显的变化, 使基质的通气孔隙逐渐降低, 尤其是基质栽培中加之根系的形成, 极易形成根际低氧逆境, 影响作物的生长发育。因此, 在使用轻型有机基质进行作物栽培时, 可采取分层使用不同基质或添加炉渣、陶粒等粗基质, 容器栽培也可采用预留通气空间等, 增强基质的通气性能。

基质的水分特性: 基质的吸水性和保水性直接影响基质向作物的供水性能, 许多有机基质如芦苇末基质、树皮、泥炭等, 由于其表面蜡质的存在而造成基质的疏水性, 浇水时使大部分水分随基质的大孔隙和容器四壁流失, 特别是基质在初次浇水时极难吸水, 需花费大量的劳动力充分搅拌才能使基质逐渐湿润, 而一旦基质失水干燥后易结硬块, 再湿性差。芦苇末基质研究表明, 堆制发酵可降低表面的蜡质含量, 提高保水和吸水性能; 在国外, 使用强亲水型表面活性剂或湿润剂(Wetting agent)作为添加剂, 以降低水分子的表面张力来改善其亲水性和吸水性能, 但泥炭和树皮的试验表明其改善吸水性的效果通常只有 3~4 周。

由于基质与普通的土壤不同, 保水力相对较低, 容器栽培时基质中存在水汽阻力, 有机质的含量和功能有别于土壤, 所以基质中的水分迁移及植物根系对基质水分的吸收具有一定的特殊性, 对此目前的研究仍不够深入, 不能确切说明基质水分的迁移(运移)规律。但是, 基质不良的结构和水分特性可通过基质的加工工艺和使用前的预处理得到调整, 从而满足作物根系对水分的需求。

2.3.2 基质的化学性状

主要有基质的化学组成及由此引起的化学稳定性,

酸碱性(pH 值)、阳离子交换量(CEC)、缓冲能力和电导率(EC 值)等,它们相互作用、共同影响基质的化学性状。长期以来,基质pH 值、EC 值、CEC、各种矿质元素含量、C/N 比、养分特性一直是基质性状研究的重点和热点。近年来,在北欧以岩棉或玻璃棉的pH、盐分淋洗等为研究重点,解决了岩棉中盐分积聚的难题,实现了岩棉栽培中营养液的精确管理。

基质的化学组成是由基质所含有的化学物质种类及其含量所决定,既包括矿质营养和有机营养,又包括对作物生长有害的有毒物质。在选用工业废弃物作基质原料时,一定要充分了解其化学组成,特别是对作物可能产生危害的化学物质含量,如利用造纸企业的下脚料时,一般选用未经化学处理之前的芦苇末下脚料,其中不含有任何有毒有害的化学物质。基质的化学稳定性与其化学组成密切相关,对基质的栽培效果具有明显的影响。各种有机基质具有良好的团粒和成粒作用,但是稳定性较差。有机基质富含有机物质,其化学组成比较复杂,本身含有营养,这种营养的有效释放规律并不清楚,目前是可控和不匀速的,因此,在实际生产中很难进行养分和水分的精确控制。发酵不完全或C/N 比较高的有机基质,在使用过程中有可能释放出有毒有害物质,影响有机基质的稳定性和使用性能。从影响基质的化学稳定性来划分有机基质的化学成分,大致有三类:第一类是易被微生物分解的物质,如碳水化合物中的糖、淀粉、半纤维素、纤维素和有机酸等;第二类是有毒物质,如某些有机酸、酚类、丹宁等;第三类是难被微生物分解的物质,如木质素、腐殖质等。

栽培基质的pH 值应保持相对稳定,最好呈中性或微酸性状态,pH 值受基质的化学组成、化学变化和浇灌营养液的pH 值影响。阳离子交换量反映了基质对养分的吸附保持能力及其供植物吸收利用养分的能力,对基质本身的pH 值变化和浇灌营养液的酸碱反应也有一定的缓冲作用。通常情况下,基质的阳离子交换量在 $10 \sim 100 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$ 比较适宜,小于 $10 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$ 属低,大于 $100 \text{ me}/100 \text{ cm}^3$ 属高。一般无机基质的CEC 非常低,有些几乎为零,但有机基质的CEC 较高,过高的CEC 在栽培中容易出现可溶性盐类蓄积而对植物造成伤害;反之则阳离子矿质元素容易被淋洗,需要经常施用肥料加以补充。

电导率(EC 值)是栽培基质重要的化学性状,它表明基质内可电离盐类的溶液浓度,反映了基质中可溶性盐分的多少,直接影响浇灌营养液的平衡。基质的可溶性盐含量不宜超过 $1000 \text{ mg}/\text{kg}$,最好大于或等于 $500 \text{ mg}/\text{kg}$ 。基质的EC 值超过 $1.25 \text{ mS}/\text{cm}$,便需要淋洗盐分,以免对植物根系构成渗透逆境。例如受海水影响的砂子,常含有较多的海盐成分;炉渣有时含代换钙高达 $9247.5 \text{ mg}/\text{kg}$;某些植物性有机基质含有较高的盐分,如树皮、炭化稻壳等。一般基质栽培时,当电导率小于 $0.5 \text{ mS}/\text{cm}$ 时(相当于自来水的电导率),必须施肥或浇灌营养液,补充养分;电导率达 $1.3 \text{ mS}/\text{cm}$ 以上时,停止施肥,淋洗盐分。

2.3.3 基质的生物学性状

基质的生物学性状主要指基质中有机类物质的稳定性。在微生物的作用下,有机质的腐蚀和降解会改变基质的物理、化学、生物特性。有机介质分解速率与C/N 有密切的关系,C/N 高的基质,使用时由于微生物生命活动对氮的争夺,会导致植物缺氧,使用前必须加入超过植物生长所需的氮,以补偿微生物对氮的需求。一般,碳氮比 $200 \sim 500$ 属中,小于 200 属低,大于 500 属高,通常碳氮比宜低而不宜高,C/N 以 $30 \sim 1$ 左右较适合作物的生长。也可用CEC、焦磷酸指数、呼吸强度等生物学性状参数。生物特性的研究除稳定性外,还有病虫害控制等生物控制的研究。

2.4 基质研究开发中存在的问题

2.4.1 基质材料的开发力度不够

到目前为止,理化性状优良、栽培效果好、可大量使用的基质仍为传统的泥炭、珍珠岩、蛭石和岩棉等,新开发的基质材料仍存在各种缺陷和不足。比如中国目前大力推广的有机基质培无土栽培技术和穴盘育苗技术,需要大量质优价廉的有机基质,各地都在致力于有机基质材料的开发和合成研究。从使用情况来看,南京农业大学等单位开发研究的芦苇末基质,相对理化性状稳定,栽培和育苗效果较好,已达到年产 3 万 m^3 的规模,但仍存在质量稳定性有待提高、产业化程度不够的问题。其他有机基质产品的开发,均因材料来源有限、或性状稳定性差、或生产成本低、或产业程度低等原因未能在生产上大规模使用。目前,对中国科技工作者和基质生产者来说,开发出优良的可大批量生产、规模化使用的有机基质产品是首要的任务。

2.4.2 基质的基础研究薄弱

基质理化性状的研究中,国外学者对岩棉的研究较为透彻,其他各种基质性状的研究仍不够深入和系统,不能准确地为基质生产、改良和使用提供必要的参数。固体基质不同于普通土壤,但长期以来对它的研究沿用土壤的方法,带来了许多结果上的偏差。研究方法的改进各家不一,研究方法不统一,研究结果通用性差,造成基质研究与交流的障碍。以基质的提取分析方法为例:目前基质和水的比例有 $1:4 \text{ V/V}$ 、 $1:1.5 \text{ V/V}$ 、 $1:2 \text{ V/V}$ 、 $1:5 \text{ V/V}$ 、 $1:10 \text{ V/V}$ 等,还有饱和液浸提法(SME)、渗透液法(PT)、 $2:1$ 水基质悬浮液提取法等,由于基质和水的比例差异较大,加之不同基质持水力与容重变化较大,致使分析结果差异较大。所以,基质理化性状的研究有待于标准化和规范化。

基质与作物间关系的研究有待深入。基质为作物的生长提供水、气、肥等根际环境,充当外来水分、氧气、养分得以利用的“中转站”,所以基质性状的优劣直接影响作物的生长、产量和品质,反过来作物根系的生长、吸收、代谢等对基质的性状又会产生一定的影响,又进一步影响到作物的生育。由于基质开发相对于土壤晚得多,所以基质与作物的相互关系研究较少,且大多集中在最初基质的种类、配比、性状等对作物生育、产量、品质的影响,而对于基质在使用过程中性状的变化、水分

养分迁移以及栽培作物对基质性状的影响研究较少。虽然,适于作物生长的基质理化性状参数的大致范围已有报道,但主要园艺作物用基质的适宜理化性状参数有待研究,这不仅是基质标准化生产的技术基础,也是营养管理的依据和基质重复利用的前提。

2.4.3 基质产品的质量缺乏标准

目前市场和生产应用的基质种类较多,但基质间和同种基质不同产地、不同批次间质量差异较大,导致基质栽培作物和育苗的难度增大,基质的使用效果不稳定。所以有待于制定主要栽培基质的通用质量标准,以便于规范基质生产和销售市场,使基质生产者有章可循,便于制定基质生产操作技术规程,规范基质产品的生产,全面提高中国的基质生产水平。

3 栽培基质今后的发展趋势

3.1 性状稳定的经济环保型人工合成基质

由于对天然泥炭限制性开发利用,有些国家甚至禁采,需要尽快开发出泥炭的替代品。国外岩棉的开发利用较理想,但主要用于无土栽培,中国目前尚无优质的岩棉产品供生产使用。近年来,国内外在利用各种有机废弃物开发合成经济环保型人工基质方面取得了许多可喜的进展,如利用椰子壳可发酵合成性状稳定的椰绒基质,食用菌菇渣是良好的基质合成材料,作物秸秆、稻壳等的有效利用等,预计将会开发出材料来源广泛、制造工艺简单、成本低价格便宜、性状稳定、使用效果较理想的环保型人工合成基质。

3.2 使用方便的有机基质

穴盘育苗技术在世界范围内的推广应用,需要大量

固体基质,实践证明,以有机基质为主的复合基质育苗效果较理想。有机基质培技术,尽管有许多地方需要改进和深入研究,但在今后一段时期内,仍为中国无土栽培的主要形式。所以,使用方便的有机基质已成为目前基质研究的重点和热点,今后一个时期内仍为基质开发的主流和发展方向。

3.3 基质的混配和模制基质的开发

单一基质由于理化性状上的缺陷很难满足作物生长的各项要求,加之生产成本、栽培管理等方面的因素,用多种基质按一定比例混合形成复合基质更经济适用。选择能够循环利用、不污染环境、栽培效果好的有机—无机复混基质是基质利用的发展方向。

模制基质是把基质制成固定的形状,在上面预留栽培穴,种子和幼苗直接种在穴内,省去了栽培容器。已开发出海绵育苗块、椰绒栽培块、岩棉种植垫等。模制基质在育苗和花卉栽培上应用较多,方便、实用,是今后高档栽培基质和部分育苗基质发展的方向。

3.4 基质的重复利用

随着基质用量的激增,依据环境保护的要求,基质的重复利用和无害化处理是发展的必然趋势。由于基质的结构在灌溉和植物根系作用下会有所改变,同时基质中积聚了根系分泌物和盐分,以及可能存在的病虫等。因此,基质在重复利用前应进行适当的处理,如结构重组、水分淋洗、消毒等。基质的消毒、灭菌处理是基质重复利用的重要措施,有蒸汽消毒、化学药品消毒和太阳能消毒等,尚须研究开发经济、安全、有效的大批量基质消毒的方法。

Research progress, current exploitations and developing trends of solid cultivation medium

Guo Shirong

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

Abstract: With the widespread application of soilless culture and spot sowing nursery, the demanded quantity of solid cultivation medium increased greatly, which resulted in the rapid expansion of medium marketing. Corresponding to this situation, the exploitations and applications of solid cultivation medium were turned into an important research field. Based on analyzing the application and marketing prospect of soil cultivation medium, the exploitations, syntheses and characteristics of solid cultivation medium were reviewed in this article, and the achievements, existing problems and trends of developments on solid cultivation medium were also outlined.

Key words: cultivation medium; investigation status; trends of development