第 13 卷第 4 期
2005 年 10 月

中国生态农业学报
Chinese Journal of Eco-Agriculture

Vol. 13 No. 4
Oct., 2005

国内外固体基质研究概况*

周跃华 聂艳丽 赵永红
(云南省林业科学院 昆明 650204)
李永梅 何飞飞
(云南农业大学植物营养系 昆明 650201) (中国农业大学植物营养系 北京 100094)

摘 要 简介了国内外固体基质发展现状和发展趋势,并结合我国现代农业生产实际情况,综述了固体基质理化参数、栽培容器及营养液的研究与利用概况。

关键词 基质 理化性质 容器 营养液

Research on solid substrate in the whole world. ZHOU Yue-Hua, NIE Yan-Li, ZHAO Yong-Hong (Yunnan Academy of Forestry, Kunming 650204, China), LI Yong-Mei (Plant Nutrition Department of Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China), HE Fei-Fei (Plant Nutrition Department of China Agricultural University, Beijing 100094, China), *CJEA*, 2005, 13(4): 40～43

Abstract The development history, current status and trends of solid substrate in the whole world are stated and the physical and chemical properties, container and nutrient solution of substrate requirement for plants are discussed according to the current status of our country in modern agricultural development.

Key words Substrate, Physical and chemical properties, Container, Nutrient solution
(Received July 30, 2004; revised Aug. 31, 2004)

1 国内外固体基质栽培发展概况

基质栽培是指在一定容器内植物通过基质固定其根系,并通过基质吸收营养液和 O_2 的栽培方法,作为无土栽培,基质栽培与水培、雾培有较大区别,水培和雾培中营养液是栽培的核心,其浓度、配比和元素种类是关键因素[1]。而基质栽培中基质则是栽培的核心,基质的选择是栽培成功与否的关键。基质是无土基质栽培的基础,除支持、锚定植株外,基质还为植株提供稳定协调的水、气、肥结构,使来自营养液的养分和水分得以中转,植物根系从中按需选择吸收。与土壤一样,基质也必须满足幼苗对支持、水分、空气和无机营养这 4 项基本需求,由于基质包装在有限的空间内,存在着固有的滞水层,缺乏良好结构,且微生物种类及群体不平衡性,故基质研究重点一直侧重于其是否满足幼苗需求和如何克服不利生长发育的限制因子方面。

现代化无土基质栽培历史可追溯至 19 世纪中叶早期的植物营养学家和植物生理学家进行的植物矿质营养生理研究[2]。如 Boussingault, Salm(1851～1856 年)在涂蜡玻璃器具或纯蜡容器中用砂砾、石英或活性炭作基质栽培燕麦,证明植物生长需要 N、P、K、S、Ca、Mg、Si 和 Mn 养分,随着新材料的不断出现,基质很快扩展到珍珠岩、陶粒、硅胶、沸石、泡沫塑料及合成树脂,泥炭、椰子壳、树皮、锯末、炉渣、炭化稻壳及一些混合基质。期间对基质作用、优缺点、应用技术等方面进行了研究比较,科学家们就不同基质理化性状进行了评价[6,7],有的就松树皮物理性质对 N 素形态及含量的影响进行了研究[8],该阶段研究主要侧重于基质理化性状、基质与植物营养供应关系、基质栽培技术、基质与养分和水分及空气利用的关系、基质的混合等。而工厂化育苗应用较多的有美国康奈尔大学的复合基质 A 和 B[3]、美国加利弗尼亚大学的维生素 C 培养土、英国 GCRI 配合物[4]以及荷兰与芬兰的泥炭和岩棉。我国无土栽培历史悠久,如生豆芽、船上种菜、盆养水仙等都是原始无土栽培,1937 年上海市四维农场采用基质栽培育出少量番茄应市,1941 年俞诚如和陈怀圃著有《无土种植浅说》,1945 年美国军人在南京曾进行小规模无土栽培生菜和小萝卜,满足其自身对洁净生

* 国家林业局'948'国际合作项目(2004-4-11)和云南省自然科学基金项目(2004C0027Q)资助
收稿日期:2004-07-30 改回日期:2004-08-31

食菜的需求,1969 年我国台湾省龙潭农校开始砾培蔬菜的研究和生产[5]。20 世纪 70 年代以来我国开展了大田作物水稻营养液育苗与蔬菜无土育苗方面的研究和推广,在生产上取得较好效果,但未形成商品性规模经营和生产;80 年代中期后成立了全国蔬菜工厂化育苗协作组,无土栽培技术被列为重要研究内容之一,并逐步引进美国和欧洲国家穴盘育苗精量播种生产线,在北京市郊区投入工厂化、商品化生产;1991 年工厂化育苗被农业部列为"八五"重点项目;"九五"期间基质研究列为国家科委立项的工厂化高效农业工程研究重要内容之一。经近 30 年的研究认为育苗基质一是应能支持锚定作物,使作物根系能深扎其中而不致沉埋和倾倒;二是水分含量合理,使作物根系具有一定湿度;三是有恰当的容重和大小孔隙平衡,能协调作物生长对水气的要求;其他作用如缓冲性能、养分供应能力、抵制病菌能力和重量等也是参考因素。

2　基质研究概况与今后研究重点

常用基质材料类型的研究。常用基质材料类型一是有机物类,包括各种类型泥炭、椰子壳、锯木、树皮和堆肥等,其优点是具有团聚作用,使颗粒间形成较大孔隙度,保持混合物疏松透气,吸水保水性能好;其缺点是质量缺乏稳定性,如泥炭虽为公认的理想基质,但由于植被来源与分解程度不同,有机质含量、含水量、持水量和 pH、颗粒大小及颜色等也不一;蔗渣、秸秆等使用前要腐熟,否则育苗时会因微生物活动消耗大量 N 素而诱发植株缺 N;堆肥(尤其城市垃圾堆肥)可能含有一些有毒有害物质,故混合作用时不能超过一定比例;森林表土属腐殖土之一,按其腐熟程度用作基质育苗的腐殖土,其较浅腐熟程度的优于深腐熟程度的。二是无机物类,包括砂、砾、膨胀矿物如珍珠岩、蛭石、炉渣、泡沫塑料颗粒和农用岩棉等,其优点是质量稳定均匀,耐分解且孔隙度大,其缺点是阳离子交换量较小,缓冲能力较弱。蛭石与珍珠岩分别为云母矿和火山岩受热膨胀的产物,含有一定量的 K、Ca 和 Mg,质地轻、透气且吸水性能好,是目前国内外应用较多的基质材料;炉渣为锅炉燃煤废弃物,资源丰富,物理性质好但碱性太高,且可能含有重金属(Cd、Ni 等),使用时要进行处理;塑料泡沫如聚苯乙烯质地轻且孔隙度大,可用来改善基质排水、通气和降低容重;岩棉是模制基质,吸水保水性能强,种子或幼苗可直接种于穴内,省去栽培容器且易消毒。试验证明把不同种类物质混合配成基质很有必要,其混合前提取决于主要有机物质如森林表土或泥炭通气孔率,但要在基质应用于植物生长试验之后才能确定其不同组分原料。

基质的配比研究。基质的筛选是研制合理基质成分配比的很重要环节,也是幼苗能否成功栽培的基本条件之一,各国均高度重视培养基质的研究。目前国内外使用的基质分为无机基质、有机基质和混合基质,无机基质一般很少含有营养成分,且可能造成容重过轻或过重,通气不良或过于疏松等弊病,如珍珠岩、蛭石、浮石和砂等;有机基质为天然或合成的有机材料,如泥炭、蔗渣、秸秆、树皮和锯末等,虽含有一定养分但成分复杂,在设施滴灌条件下有机成分的分解、释放及吸收等代谢机理不明,且可能给植物营养精确调控和营养液的回收再利用带来困难;混合基质由结构性质不同的材料混合而成,可性状互补、扬长避短,充分协调水气肥状况,从基质研究和生产实践现状来看,混合基质将是今后发展的方向,因为有机物阳离子交换能量大,缓冲性能好,且含有大量营养成分;无机基质物颗粒大重量小,既不会因为自身重量而对有机物产生压力,也不会因加重浇水而造成崩塌,且能提高基质持水、保肥能力,阻止养分流失,加之孔隙度较大保证良好的通气状况,有利于根系发育,故二者配合可形成理化性能稳定的理想基质。但基质材料的配比必须要有科学性,并应根据不同基质材料理化性质及幼苗生物学特性,否则混合基质生长效果不如单一基质。已有一些试验表明基质特性是影响生长与品质的制约因素,基质材料的配比不同,则幼苗根长、叶面积、地上部与地下部干物质量、叶绿素含量和根系活力及离子的吸收等亦不同。目前我国农业现代化水平仍较低,配制混合基质必须因地制宜,选择资源丰富,价格便宜,能满足根系养分、水分及空气供应的材料为基质。育苗基质对幼苗的影响是育苗基质各种特性综合作用的结果,各地应根据本地基质种类、来源进行试验,筛选出既适于当地条件,降低育苗成本,又能培育高质量幼苗、用后易处理的基质。

基质的性能指标研究。一般而言,基质应有较高的有机物含量,且有机物质腐熟程度不能过度,力求轻腐熟度;有好的排水和通气能力,且吸水和持水能力较好;该基质不应含有杂草种子。但最关键的是能否找到适合该种子生长的基质,从提高育苗质量而言,基质的物理性质要比养分含量高低更重要,而养分的缺乏靠施肥易得到补偿。基质性能指标既是植物对基质的要求,也是对基质自身的要求,可从物理性质和化学性质两方面评价。基质的物理性质包括容重、气水比和总孔隙度等,栽培基质通常可分为固体、液体和气体 3 部分,固体部分保护作物根系生长及固定植株,用容重表示;液体部分供应作物水分和养分;气体部分保持根系同外界 O_2 与 CO_2 交换,用 1kPa 时气/水值表示。容重用来表示基质质量,容重与基质粒径、总孔隙度

有关，凡总孔隙度小，比重大，其容重即大，基质容重若过大的，除育苗时不便于操作外，作为商品化育苗也不易运输；基质容重若过轻，则缺乏黏结能力，浇水时基质易飞溅（如珍珠岩），不易固定根系；基质粒径过小，容重增加，通透性下降，而基质颗粒过大（如砾石），则难以控制深度，播种后出苗不齐，不利于培养整齐一致的壮苗，也不利于保水保肥。一般基质容重以0.5～0.8g/mL为宜，既能固定根系，又适于运输。基质的气水比决定基质中空气与水分合理储量，是衡量物理性状的重要指标，一般基质的气水比以1∶1.5～1∶4为宜，即在基质总孔隙度中空气占25%～40%，水分占60%～75%比例对幼苗根系及植株生长发育较好（有时还须了解10kPa时气/水值，因为不同深度其气/水值不同，则水分分布亦不同，以免影响养分、水分的供应）。总孔隙度大的基质疏松、通透性良好，有利于幼苗根系生长，但固定作用较差，而总孔隙度小的基质不利于根系发育。为使基质满足根系对水分和O_2需要，基质通气孔隙度不能过大或过小，通气孔隙度过大的通气性较好，但持水性较差，要求灌溉次数增加；而过小的虽持水性较高，但通气性不良，影响根系生长和吸收功能。理想的基质总孔隙度为70%～90%间，通气孔隙度不低于15%～20%，持水孔隙度不低于50%。基质化学性质包括阳离子交换性能、pH值、营养元素含量和养分供应潜力等，不同基质材料阳离子交换量值差异很大，一般将基质分为有阳离子交换性能如泥炭、木屑和堆肥，几乎无阳离子交换性能或交换能力很弱如蛭石、岩棉和砂。基质阳离子交换性能控制被吸附离子与溶液中离子的动态平衡，维持植物养分的吸收来源，并对营养液酸碱反应具有缓冲作用，使根系生长环境较稳定，可化解外来物质或根系本身新陈代谢过程中产生的一些有害物质危害。不同的植物（喜酸或喜碱）对基质pH值的要求亦不同，且pH影响养分形态及有效含量，大量元素在pH为6.0时有效性最大，Cu、Fe、Mn和Zn为pH5.0～6.0间、Mo为pH6.5～7.0间有效性最高，基质pH值若>7时则Fe^{2+}、Mn^{2+}、Zn^{2+}和Cu^{2+}易生成氢氧化物沉淀而成为无效养分离子；而过酸时有些微量元素养分有效性降低，且可能产生毒害。因此基质pH值以6.0～7.0（5.5～6.5）为宜，并根据不同植物喜好进行调整，且应经常检测营养液和回收液的pH值状况。基质组分中可溶性盐含量影响养分组成配比及有效态含量，如基质中Ca^{2+}、Mg^{2+}有效量由CO_3^{2-}、HPO_4^{2-}和SO_4^{2-}离子浓度所决定，营养液中微量元素含量也会因基质中某一阳离子含量过高而发生络合或沉淀而影响有效性，对含有大量营养元素的有机基质其营养元素形态又影响营养液的配比及选择，此外有机质分解速度、养分供应强度等均需要考虑。基质的养分供应潜力特性取决于根系周围盐浓度[可用g/L或电导度（EC）表示]，且受基质自身营养数量、状况、阳离子交换性能、栽培植物对养分需要量大小、吸收养分能力等影响，基质电导度值过低则营养缺乏，而过高时则造成盐渍伤害，基质电导度值变化范围较宽（0.75～3.5mS/cm），其营养液电导度值以2.0～2.5mS/cm为宜。由于不同基质材料其理化性质各异，所用营养液浓度亦应根据基质特性和植物生育进程相应配比。

容器规格与根系质量的研究。基质栽培中选择大小合适容器是培育优质容器苗的关键之一。容器容积越大，为幼苗提供的营养空间越大，对幼苗根系生长则越有利，但育苗容器的增大意味着种植密度相对减小，可减少植株间对空间及营养面积的竞争，叶片遮盖程度小，对幼苗叶片光合作用越有利。但因难形成根聚体，起苗时散落的基质无法在养分和水分中给予重要补偿作用，加之大容器育苗需要更多基质、水、肥料、容器材料及劳动力等，其育苗生物效果可能不足以抵偿育苗成本，因此应视植物、苗龄等情况采用既满足幼苗生长需要，又能降低成本的小容器。若采用温室育苗盘育苗，还应根据植株特性、产量、温室容积等选取育苗盘规格。容器内壁粗糙程度对根系生长有明显抑制作用，内壁粗糙容器较适于林木育苗，因为根伸长受抑，侧根停止生长，种植（或移栽）后苗木能从根团中上部长出更多须根，增强其机械稳定性，有利于苗木成活。目前研究认为碳酸铜涂抹容器内壁可有效解决根系盘绕，还能改善根系在容器中空间分布特征，即可避免大量须根在容器内盘绕生长而形成变形根团现象，移栽后根团中上部可长出更多须根，该容器苗根系更接近自然发育根系，可加强幼苗机械稳定性和抗逆性，促进幼苗生长和发育。

基质与营养液配合作用的研究。试验与生产实践表明，基质较好的物理性状和丰富的营养元素是植物健壮生长的保证，但基质中含有一定的营养物质，尤其是有机基质其本身即为养分动态变化系统，随植株的生长而基质中原有养分不断被吸收，同时一些缓效态营养物质也在不断转化成有效态养分释放出来，因此应根据植物不同发育时期对营养元素的需求规律进行定量、平衡供应，这是无土基质栽培关键技术之一，使用前应对其养分组成及含量进行必要分析，可节约配制营养液时肥料用量，且对保证基质中营养元素浓度稳定性也十分重要。水质对营养液的配制关系密切，由于植物所吸收的元素浓度较低，故水溶液中若有某种元素过量，即对植物造成伤害。若基质中有机质（如泥炭）占一定比例，则能提高基质缓冲能力而减轻毒

害。因此营养液的配制应依据基质理化特性和养分含量、植物体内矿质营养水平及所用水分含量进行适当调整,以培育出高质量植株幼苗。另外使用营养液时要注意环境条件,一般气温 > 20℃ 时菇类菌丝难以形成优质子实体(高温型除外),若培养液已被杂菌污染,必须先除去杂菌后再补充营养液,为防止杂菌污染,可在添加营养液的同时加入一定量的抑菌剂,以防止杂菌滋生蔓延。

固体基质栽培性能稳定、设备简单、投资少、易管理且效果良好,是设施栽培的主攻方向之一。实践证明尚无 1 种基质可以适应所有植物,而目前国内呈日光温室、塑料大棚和自控温室等多种栽培设施并存局面,故基质栽培的发展也应结合我国农业生产实际情况,开发与营养液配套的基质,以适应不同地域、不同设施档次、不同植物且成本低、效果好、易管理的多样化基质栽培模式。固体基质栽培今后研究的重点应侧重于基质结构的研究,即主要栽培基质适宜的理化参数研究,按标准参数控制基质结构,进行基质标准化生产和基质重复利用;营养液配套的研究,以使植物在高产管理和使用设施专用品种情况下,有效调节植物营养生理,以弥补设施环境控制能力的有限性及营养管理的经验性和盲目性;有机与无机复混基质将是基质栽培的主要发展方向,而研究复混基质中有机废弃物如何合理使用则是其关键。

参 考 文 献

1 王鹄生. 花卉蔬菜无土栽培技术. 长沙:湖南科学技术出版社,1994

2 邢禹贤. 无土栽培原理与技术. 北京:中国农业出版社,1988.2

3 连兆煌. 无土栽培原理与技术. 北京:中国农业出版社,1992.56～60

4 李士军,高祖明. 现代无土栽培技术. 北京:北京农业出版社,1988.115

5 徐永艳. 我国无土栽培发展的动态研究. 云南林业科技,2002,9(3):90～94

6 Neal J. C., Wager D. F. Physical and chemical properties of coal cinders as a container media component. HortScince,1983,18(5):693

7 Offord C. A., Muir S., Tyler J. L. Growth of selected Australian plants in soilless media using coir as substitute for peat. Australian Journal of Experimental Agriculture,1998,38:879～887

8 Alex X. Niemiera, *et al*. Pine bark physical characteristics influence pour through nitrogen concentration. HortScience,1994,29(7):789

欢迎订阅 2006 年《应用与环境生物学报》

《应用与环境生物学报》是由中国科学院成都生物研究所主办的国内外公开发行的全国性学术期刊,是我国应用生物学和环境生物学的核心刊物,由科学出版社出版,主要报道我国应用生物学、环境生物学及相关科学领域的基础研究、应用基础研究和应用研究的成果,包括研究论文、研究简报和本刊特邀的综述或述评。读者对象主要为本学科的科研人员、大专院校师生和科研管理干部。《应用与环境生物学报》为双月刊,大 16 开本,128 页,全铜版纸印刷,逢双月 25 日出版。国际刊号:ISSN 1006-687X,国内刊号:CN 51-1482/Q,邮发代号:62-15,每期定价 11.00 元,全年 66.00 元,全国各地邮局(所)均可订阅。新订户可直接向本刊编辑部补购 1995、1996、1997、1998、1999、2000、2001 年各卷(卷价分别为 32.00 元、44.00 元、44.00 元、44.00 元、66.00 元、66.00 元和 66.00 元)以及 1999 年增刊(环境微生物学研究,每册 22.00 元),地址:(610041)成都市人民南路 4 段 9 号中国科学院成都生物研究所《应用与环境生物学报》编辑部,电话:(028)85229903,85237341。