

利用工农业有机废弃物生产优质无土栽培基质

李谦盛，郭世荣，李式军

(南京农业大学 园艺学院，江苏 南京 210095)

摘要：简述了无土固体基质的发展史及趋势，综述了利用工农业有机废弃物生产无土栽培基质的研究、开发和应用的现状。根据无土栽培基质的一般要求对利用工农业有机废弃物生产无土栽培基质应注意的问题进行了讨论，提出采用新技术、新工艺进行标准化生产是发展这一具有广阔前景产业的关键。

关 键 词：有机废弃物；无土栽培；有机基质

中图分类号：S604.7

文献标识码：A

文章编号：1000-3037 (2002) 04-0515-05

有机基质栽培因其具有性能稳定、缓冲能力强、设备简单、投资少、技术容易掌握等优点，而成为我国目前推广应用最多的一种无土栽培形式^[1]。发展基质无土栽培的关键在于如何开发一种理化性能稳定、原材料来源广泛、价格低廉、对环境无污染和便于规模化商品生产的基质。在当前工农业生产中，各种工农业有机废弃物排放量日趋增加，对环保造成巨大压力。近年来，科研工作者利用各种有机废弃物研制合成了环保型无土栽培有机基质，在各种作物上栽培应用效果良好，不仅解决了有机废弃物的处理问题，还为无土栽培提供了优质有机基质，提高了自然资源的综合利用水平。本文主要陈述利用工农业废弃物生产无土栽培基质的现状和问题，并提出相应的建议。

1 无土栽培基质的总体要求

优质无土栽培基质要能为植物生长提供稳定、协调的水、肥、气、热根际环境条件，具有支持锚定植物、保持水分和透气的作用，有机栽培基质还具有缓冲作用，可以使根际环境保持相对稳定。要能使作物正常生长，无土栽培基质的物理化学性质和生物稳定性都要达到一定的要求。优良的基质在物理性质上，固、液、气三相比例恰当，容重为 $0.1\sim 0.8\text{ g/cm}^3$ ，总孔隙度在 75% 以上，大小孔隙比在 0.5 左右；化学性质上，阳离子交换量 (CEC) 大，基质保肥性好，pH 值接近中性，并具有一定的缓冲能力，具有一定的 C/N 比以维持栽培过程中基质的生物稳定性^[2,3]。

2 无土栽培基质的发展历史和趋势

砂砾最早被植物营养学家和植物生理学家用来栽培作物，通过浇灌营养液来研究作物的养分吸收、生理代谢以及植物必需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。1914 年 Hall 用不同级别的沙、粉粒、高岭土栽培羽扇豆和大麦。蛭石被 Woodcock (1946) 用来作为兰花的栽培基质等等。随后可作为栽培用的固体基质很快扩展到石砾、陶粒、珍珠岩、岩棉、海绵 (尿醛)、硅胶、离子交换树脂 (如斑脱土、沸石及合成的树脂材料等)、泥炭、锯末、树皮、稻壳、酚醛泡沫 (泡沫塑料)、炉渣以及一些混合基质。而在生产上应用较多的有美国康奈尔大学开发的 4 种混合基质，英国温室作物研究所开发的 GCRI 混合物以及荷兰的岩棉、泥炭等。1990 年以后，稻壳、粘土、砂、珍珠岩、纤维素、岩棉、泡沫塑料是无土栽培基质的主要材料。近年来，由于人们环保意识的提高，岩棉的后处理问题日益突出；泥炭由于短期内为不可再生资源，泥炭的过分开采已经受到环保人士的反対，并且资源分布不均，如在我国，泥

收稿日期：2001-09-27；修订日期：2002-01-10。

基金项目：863 计划 (2001AA247012)；江苏省“十五”首批科技攻关项目 (BG2000501)。

第一作者简介：李谦盛 (1975-)，男，浙江台州人，博士研究生，研究方向为设施园艺与无土栽培。E-mail:vis-nau@njau.edu.cn

炭主要集中在东北，运输到东南地区将大大增加成本。20 世纪，除岩棉、蛭石、珍珠岩外，各种有机废弃 物，如椰子壳纤维和造纸厂下脚料等已成为主要的无土栽培基质材料，利用废弃物生产多样化、无害化 无土栽培基质实现自然资源的可循环利用是无土栽培基质选材的方向^[4-7]。

3 利用工农业有机废弃物生产无土栽培有机基质

3.1 可制作无土栽培基质的工农业有机废弃物

随着生产水平的提高，我国各种工农业废弃物排放量逐渐增加，给环境带来了直接和间接的污染，大 量的被抛弃或被燃烧的废弃物有很多经过一定的加工处理后可作为良好的无土栽培基质（表 1）。

3.2 具有开发前景的几种有机废弃物栽培基质

3.2.1 椰子纤维

长纤维素，松泡多孔，保水和通气性能良好。椰子纤维基质容重约 0.08 g/cm³；总孔隙度高达 94%；

表 1 可用于生产无土栽培基质的工农业有机废弃物	
Table 1 Organic wastes which could be manufactured as soilless media	
产 业	材 料
木材工业	树皮、木屑
纺织工业	亚麻、残余羊毛、废棉花
食品工业	豆渣、油粕、酒渣、醋渣、果渣、甘蔗渣
养殖业	鸡粪、猪粪、牛粪等畜禽排泄物
种植业	椰子壳、稻壳、菇渣、玉米芯、秸秆、棉籽壳
烟草业	烟屑、烟草渣
造纸业	树皮、芦苇末、废纸浆
能源业	沼渣
其它	中药厂药渣、城市垃圾（废纸等）

pH 值为 4.5~5.5，偏酸；阳离子交换量 (CEC) 为 32~95 mmol/100g；EC 值 0.4~ 6.0mS/cm；C/N 比平均为 117；与泥炭 相比，椰子纤维含有更多的木质素和纤 维素，半纤维素含量却很低；其本身所 含可供植物利用的矿质元素含量很低， 尤其是 N、Ca、Mg，但 P 和 K 的含量却很 高^[8,9]。Handreck 指出，与泥炭相比，用椰 子纤维作为基质时必须额外补充 N 素，而 K 的施用量则可适当降低^[10]。蔬菜及观赏 作物的栽培试验表明其应用效果不亚于 泥炭^[11,12]。我国海南等地具有丰富的椰子

纤维资源，有待很好地开发利用。基于椰子纤维的良好性能，应以生产模制基质等高档成型产品为主才能 创造更好的效益。

3.2.2 堆制树皮

不同的树种差异很大，最常用的树皮是松树皮和杉树皮，容重 0.4~0.53 g/cm³ 之间，pH 值通常在 4~7 (CaCl₂) 之间；但树皮保水性能差，C/N 比 60~100:1，容易造成 N 素缺乏，含有较多的树脂、单宁、酚类 等抑制物质，这些有害物质必须经充分堆制发酵使之降解。另外，树皮中 Mn 的含量通常过高^[2]。经堆制的 栗树皮混合 50%泥炭，栽培仙客来取得了很好的效果，但当树皮的含量超过 50%时就会产生 pH 值过高、 缓冲性能和保水能力降低、通气孔隙不足等问题，但不存在植物毒素的问题^[13]。松树皮和煤渣混合的基质 栽培万寿菊的试验发现，松树皮的降解增加了基质中 P、K、Ca、Mg 的溶解度和含量^[14]。

3.2.3 锯末屑

Cheng 等研究表明，锯末屑添加一定量的粘土、硝酸铵和有机肥后可以成为一种很好的栽培基质^[15]。 但各种树木的锯末屑成分差别很大，一般锯末屑碳素含量较高、C/N 比值很大,作为栽培基质的锯末屑颗 粒不宜太细 ,应有 80%在 3.0~7.0 mm 之间 ,使用过程中消耗速度慢、结构良好 ,一般可连续使用 2~6 茬^[2,16]。 以松木和泡桐树为主的未腐熟锯末 C/N 值为 138.83,容重 0.17 g/cm³，发酵后 C/N 比可下降到 13.64，容重 上升为 0.25 左右,腐熟后的锯末 EC 值均在 0.5~1.3 mS/cm 范围内,总孔隙度在 80%以上,符合栽培基质的要 求，栽培辣椒幼苗生长良好^[17]。

3.2.4 蔗糖

制糖业的副产品，100 t 甘蔗可产糖 12 t，甘蔗渣 23 t (含 50%水) 和干滤泥 0.7 t。我国两广一带资源 丰富，如广东年产 180×10⁴ t 干甘蔗渣,除少量用于造纸和制造糠醛外,大部分作为燃料烧掉^[18]。甘蔗渣 C/ N 比高达 169，经过添加氮肥并堆沤处理后，可成为与泥炭种植效果相当的良好栽培基质^[2,19]。60%的木糖 渣与 30%的煤灰、10%的煤渣混合，添加尿素、鸡粪等，可成为与泥炭相当的番茄育苗基质^[20]。

3.2.5 炭化稻壳

稻壳是水稻产区加工时的副产物，通过暗火闷烧将其炭化，通透性好，不易腐烂，容重 0.15 g/cm³，

总孔隙度 82.5%，大小孔隙比约 2.3:1，pH 值为 6.5，持水能力一般，可与其它基质材料配合使用^[2,21]。

3.2.6 菇渣

食用菌下脚料，堆沤 3~4 个月后取出风干、打碎、过筛。由于含氮、磷较高，不宜直接作为基质使用，应与泥炭、甘蔗渣、沙等混合使用，一般菇渣比例不应超过 40%。不同种类的菇渣差异较大，种过香菇的木屑废渣容重为 0.16g/cm³，EC 值 0.4，而种过草菇的棉籽壳废渣容重 0.15 g/cm³，EC 值 2.6，pH 值为 6.4^[2,16]。菇渣与泥炭、树皮等混合后在栽培观赏灌木时亦取得了很好的效果^[22]。

3.2.7 芦苇末基质

南京农业大学和江苏大学利用造纸厂废弃的芦苇末短纤维下脚料作原材料，加入一定配方的辅料，添加特定的微生物经过堆制发酵，研制合成一种环保型优质无土栽培有机基质。目前已进入工厂化生产，月生产能力达 2 500m³。芦苇末基质容重 0.2~0.4g/cm³，总孔隙度 80%~90%，大小孔隙比 0.5~1.0，EC 值 1.2~1.7 mS/cm，CEC 为 60~80 mmol/100g。其中用于育苗的芦苇末基质以加入 30%的蛭石或珍珠岩为好；在栽培时，每 1m³ 芦苇末基质添加 0.2 m³ 泥炭、0.5 m³ 炉渣、0.3 m³ 珍珠岩和适当有机颗粒肥，可以满足蔬菜作物生长发育的需要。该产品的开发既解决了造纸厂废物处理的难题，又为无土栽培提供了良好基质，具有广阔的发展前景^[23,24]。另外，芦苇末经栽培食用菌后的菇渣再混合蛭石或珍珠岩也是良好的蔬菜栽培基质^[25]。生产含有根际促生性细菌、抗根系病虫害的功能型基质是今后进一步研究的方向。

除了这些常用的基质外，秸秆、淤泥、废纸、城市固体废弃物，甚至经粉碎的废旧橡胶轮胎都可作为泥炭的替代物进行了一定的研究和应用。通常这些有机基质都是与砂、蛭石、珍珠岩等无机基质或泥炭等其它有机基质按一定比例混合使用才能取得较好的效果。

4 利用有机废弃物生产无土栽培基质应注意的问题

有机废弃物是较好的合成栽培基质的原料，但有机废弃物中含有的一些有害物质必须经过特定的工艺处理后，才能用于作物栽培。目前,有机废弃物的处理方法以堆制发酵为主,堆制化的本质是固体废物物分解为相对稳定的腐殖质物质的过程，它是细菌、放线菌和真菌等在好气或厌氧条件下完成的。作为栽培基质应达到三项标准：易分解的有机物大部分分解；栽培使用中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、害虫卵和杂草种籽。由于有些堆制基质仍含有许多对植物生长不利的物质，因此，这些基质必须与其它基质，尤其是砂、蛭石、珍珠岩等理化性状稳定的无机基质混合使用，并且不能超过一定的比例。另外，重金属含量必须控制在规定的范围^[26-29]。

由于有机废弃物来源不一，也没有标准化的生产工艺，质量缺乏稳定性，各批量间质量存在一定差异；基质的颗粒大小、形状、容重、总孔隙度、大小孔隙比、pH 值、EC 值、CEC 值等是比较重要的理化性状，但尚没有提出主要作物栽培基质的标准化性状参数。因此,基质的使用还存在经验性甚至盲目性。为适应标准化、规模化、工厂化生产的需要，制定作物栽培基质的标准参数，并按标准参数要求生产基质，形成标准化成型技术是当前有待解决的问题^[4,7]。从目前的情况看,利用有机废弃物生产栽培基质的成本尚高，因此，采用新技术、新工艺降低成本是有机基质推广应用的关键。

栽培基质作为一种市场上流通的商品，必须具有固定的配方、稳定的成分和可靠的性能，要适于包装运输，质轻易用，无毒、无害、无臭，具有很好的生物稳定性。

5 利用工农业有机废弃物生产无土栽培基质的发展前景

自 20 世纪 90 年代以来，人们对环境保护的意识增强，岩棉使用后难以处理，对环境造成严重污染；而天然泥炭资源有限，短期内不可再生，迫切需要开发泥炭的替代品，这些问题都已经受到人们的广泛关注^[30]。英国已经制订了一个十年计划，要在 2012 年完全排除泥炭的商业性应用，而以其它替代物取代^[31]。再加上我国农用岩棉生产缺乏，大部分依靠进口，价格昂贵；泥炭则资源有限，且大部分集中在东北，因运输成本等问题限制了我国广大地区的使用。

另一方面，我国目前经济迅速发展，工农业生产大大地提高，各种固体有机废物急剧增加，废弃物的处理增加了环保的压力。据统计，全国乡镇企业排放的废渣总量达到 14×10⁸ t，工业固体废物累计堆存量达到 67.5×10⁸ t，农作物秸秆年产量约 8×10⁸ t，每年被抛弃或燃烧的花生壳达 140×10⁴ t。近年食用菌产业迅猛发展，各种菇渣急剧增加，这些有机废弃物利用率不到 30%^[17,32]。研究表明，利用这些工农业有机废

弃物可以合成优质无土栽培有机基质。随着我国农业结构的合理化调整和加入 WTO，设施园艺发展迅猛，面积已达 $150\times 10^4\text{ hm}^2$ ，大型现代化温室已超过 600 hm^2 。实践证明，有机基质栽培技术为设施园艺尤其是日光温室、塑料大棚优质、高效、稳产提供了有效的途径，随着该项技术的推广应用，有机栽培基质需求量迅速增加，近年来呈现出明显的供不应求状况，导致售价高昂。因此，因地制宜，就地取材，充分利用各种有机废弃物生产出价廉物美的本土化环保型无土栽培有机基质，具有广阔的前景。目前国内的无土基质产品十分粗放，市场上还没有国产的可以脱离栽培容器的模制基质等高档次基质产品，应积极利用椰子纤维、芦苇末等有机废弃物生产这类高档次产品。

参考文献:

[1] 蒋卫杰,刘伟,余宏军,等.Development of soilless culture in mainland China [J].农业工程学报, 2001,17(1):10~15.

[2] 连兆煌,李式军.无土栽培原理与技术[M].北京 :中国农业出版社,1994.

[3] 李式军,高祖明,等.现代无土栽培技术[M].北京:北京农业大学出版社, 1988.25~26.

[4] 田吉林,汪寅虎.设施无土栽培基质的研究现状、存在问题与展望(综述)[J].上海农业学报,2000,16(4):87~92.

[5] 崔秀敏,王秀峰.蔬菜育苗基质及其研究进展[J].天津农业科学,2001,7(1):37~42.

[6] Gerrit Wever.Growing media in the Netherlands [A].曹志洪 ,周健民.中国科学院南京土壤研究所国际学术研讨会论文集——设施农业相关技术[C].北京 :中国农业出版社,1999.235~247.

[7] 李天林,沈兵,李红霞.无土栽培中基质选料的参考因素与发展趋势(综述)[J].石河子大学学报,1999,3(3):250~258.

[8] Noguera P, Abad M, Noguera V, *et al.*Coconut coir dust waste, a new and viable ecologically-friendly peat substitute [J]. *Acta Hort*, 2000,517:279~286.

[9] Munoo Prasad.Physical, chemical and biological properties of coir dust [J].*Acta Hort*,1997,450:21~27.

[10] Handreck KA.Properties of coir dust, and its use in the formulation of soilless potting media.*Communications in Soil Science and Plant Analysis*,1993,24(3~4):349~363.

[11] Teo C K H, Tan EH.Tomato production in cocopeat [J].*Planter*,1993,69:239~242.

[12] Meerow AW. Growth of two tropical foliage plants using coir dust as a container medium amendment [J]. *HortTechnology*, 1995,5(3):237~239.

[13] Cattivello C.Behaviour of composted chestnut bark substrates in cyclamen cultivation [J].*Italus Hortus*, 1995,2(5~6):63~67.

[14] Woodard M A, Bearce B C, Cluskey S, Townsend E C.Coal bottom ash and pine wood peelings as root substrates in a circulating nutriculture system [J].*Hort Science*, 1993, 28(6):636~638.

[15] Cheng B T.Sawdust as a greenhouse growing medium [J].*Journal of Plant Nutrition* , 1987,10:1437~1446.

[16] 张德威,牟咏花,徐志豪.几种无土栽培基质的理化性质[J].浙江农业学报, 1993,5(3):166~171.

[17] 籍秀梅,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 [J].河南农业大学学报, 2001,35(1):66~69.

[18] 李国学,张福锁.固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M].北京:化学工业出版社,2000.

[19] 刘士哲,连兆煌.蔗渣作蔬菜工厂化育苗基质的生物处理与施肥措施研究[J].华南农业大学学报,1994,15(3):1~7.

[20] 孙治强, 张惠梅,王吉庆,等.番茄工厂化育苗木糖渣基质与肥料配比研究[J].农业工程学报, 1998,14(3):177~180.

[21] Kampf A N, M Jung.The use of carbonized rice hulls as a horticultural substrate [J].*Acta Hort*, 1991,294:271~284.

[22] Chong C, Cline R A, Rinker D L. Bark- and peat-amended spent mushroom compost for containerized culture of shrubs [J].*Hort Science*,1994,29(7):781~784.

[23] 郭世荣,李式军,程斐 ,等.有机基质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.

[24] 郭世荣.有机苇末基质的研发、产业化及其配套栽培技术的研究 [D].南京:南京农业大学,2000.

[25] 李萍萍,毛罕平,王多辉 ,等.苇末菇渣在蔬菜基质栽培中的应用效果[J].中国蔬菜, 1998,(5):12~15.

[26] 曹志洪.栽培基质的研制和产业化前景[A].曹志洪 ,周健民.中国科学院南京土壤研究所国际学术研讨会论文集——设施农业相关技术[C].北京:中国农业出版社,1999.248~254.

[27] F Lemaire. Physical, chemical and biological properties of growing medium [J].*Acta Hort*,1995,396:273~284.

[28] Gerald K Schmilewki.Quality control and use of composted organic wasted as components of growing media in the federal

- republic of Germany [J].*Acta Hort*,1991,294:89~98.
- [29] Francis Lemaire.The problem of the biostability in organic substrates [J].*Acta Hort*, 1997,490:63~69.
- [30] Carlile W R, Papadopoulos A P.The effects of environment lobby on the selection and use of growing media [J].*Acta Hort*, 1999,481:587~596.
- [31] RSBP and English Nature.Peatering Out-towards a sustainable UK growing media industry[R].Lodon:Rainbow Wilson Associates, 2001.
- [32] 严立冬.农业废弃物的资源化利用[J].环境与开发,1998,13(2):21~23.

Utilization of organic wastes for manufacturing soilless media

LI Qian-sheng , GUO Shi-rong , LI Shi-jun

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

Abstract: The history and trend of substrates for soilless culture were introduced briefly. Present situation of research, development and application of organic substrates manufactured by organic wastes were reviewed in detail. Important issues of organic substrates manufactured by organic wastes were discussed according to the general criteria for soilless media. Standardization of the ecologically-sound substrates is the key to develop this industry.

Key words: organic wastes; soilless culture; soilless media