

新型园艺栽培基质研究进展

王拉花,杨秋生*
(河南农业大学 林学院,河南 郑州 450002)

摘要: 对国内、外新型园艺栽培基质研究及开发利用情况进行总结和分析,指出目前新型园艺栽培基质开发利用过程中存在的问题,并对其发展前景进行展望。
关键词: 栽培基质; 椰壳; 稻壳; 发酵; 玉米秸秆
中图分类号: S141.2 S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2015)03-0009-05

Research Progress on New Horticultural Culture Substrates

WANG Lahua, YANG Qiusheng*
(College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: The paper reviewed the research and development of new horticultural culture substrates at home and abroad, pointed out the problems in the process of development and utilization, and prospected the development of new horticultural substrates.
Key words: culture substrate; coconut husk; rice hull; fermentation; corn stalk

随着设施园艺的迅速发展,无土栽培技术已被广泛应用于花卉、蔬菜及其种苗工厂化生产等领域,成为发展高效农业的新途径。栽培基质作为该技术的基础,成为研究和开发的重点。早期的栽培基质主要有岩棉、河沙、蛭石,后来发展到珍珠岩、陶粒、草炭等。其中,草炭是需求最多、应用效果最好的基质,全世界每年产量约9 000 万 m³。但是,草炭的过度开采对环境造成较大破坏,欧洲一些国家已对草炭开采实行限制政策。在我国,草炭主要分布于北方,向南方运输则成本升高。因此,开发出新的基质材料成为无土栽培技术继续发展的关键。近几年,工业、农业废弃物被开发应用作为新型园艺栽培基质成为研究热点,其中,树皮、椰壳、锯末、芦苇末、作物秸秆、动物粪便、工业废渣等先后作为无土栽培基质进行生产试验并取得良好效果。新型园艺栽培基质的开发应用不仅解决了栽培基质资源不足的问题,同时可以变废为宝,实现了资源再利用,是可持续发展的必然趋势。

1 栽培基质开发应用概况

栽培基质的研究起源于1860年Boussingault和Salm-Horstmarin的燕麦栽培试验。最早选用砂砾栽培植物,随后河沙、石英、高岭土、碎瓷、硅酸盐、蛭石等也被用来作为栽培基质进行试验,后来又延伸至珍珠岩、锯末、岩棉、硅胶、稻壳、泥炭、炉渣以及一些混合基质^[1]。基质的研究内容多集中在比较不同基质的优劣以及寻找更适宜的基质配方等方面。

1.1 国外园艺栽培基质

国外无土栽培已有近100 a的历史^[2]。20世纪50年代德国开始将工厂化发酵的锯末用于番茄育苗试验,随后蚯蚓粪、椰糠、树皮等经过加工处理也逐渐被应用于园艺生产。荷兰的设施园艺比较发达,其花卉产量高、质量优、品种丰富,鲜花产量约占世界鲜花市场的60%,年出口额112.51亿美元,是荷兰的主要支柱产业,其温室面积超过1亿m²,且80%采用基质栽培,广泛应用的基质材料有树皮、陶粒、岩棉、椰壳、泥炭等^[1]。美国农业的结构特征是

收稿日期:2014-06-20
作者简介:王拉花(1990-),女,河南焦作人,在读硕士研究生,研究方向:园林植物栽培生理。E-mail:944405177@qq.com
* 通讯作者:杨秋生(1958-),男,辽宁阜新人,教授,博士生导师,主要从事园林植物栽培教学和研究。
E-mail:qsyang@henau.edu.cn

人少地多,农业现代化程度高,农作物秸秆一般就地粉碎,常用作新型园艺基质的材料有椰壳、树皮、锯末、橄榄壳、动物粪便等。以色列的自然条件与我国南疆地区有诸多相似之处,光热资源丰富但土地贫瘠,以色列人充分利用资源优势,注重生态效益,积极发展特色农业,在继“绿色革命”之后又收获了“白色革命”的辉煌成就。以色列的园艺基质主要就地取材,以凝灰石为主。日本的植物工厂处于世界领先水平,基质常用材料有赤玉土等,新型基质材料多用树皮。

1.2 国内园艺栽培基质

我国的设施园艺发展起步较晚。20 世纪 80 年代中期,我国引进穴盘育苗精良播种生产线,无土栽培技术首次成功应用于生产。“九五”期间,国家建立高效农业产业工程项目,花卉、蔬菜等高附加值的农业开始向现代化、工厂化、规模化、市场化的现代产业转变。到 2005 年,我国基质栽培面积已超过 $1\ 100\ \text{hm}^2$ ^[3],大量使用的基质仍为传统的蛭石、珍珠岩、草炭和岩棉等。我国是农业大国,年产秸秆 6.4 亿 t,另外酒渣、沼渣、醋渣等产出量也相当可观,这些工农业废弃物富含有机物,经加工处理作为园艺栽培基质不仅解决了草炭资源紧张的困难,同时也避免了这些废弃物随意弃置所带来的环境问题。

国内开发的新型基质材料种类繁多,包括玉米、小麦、水稻等秸秆,稻壳、椰壳、松子壳、树皮、芦苇末、菇渣等农林副产物。另外,木糖渣、蔗渣、酒渣、沼渣、醋渣、药渣等工业废弃物经堆沤发酵,也可以代替部分草炭应用于无土栽培。

2 新型栽培基质材料的研究现状

2.1 畜禽粪

据资料显示,2002 年的我国畜禽粪总量已达 37 亿 t^[4]。畜禽粪含有较高的养分,经开发研制作作为无土栽培有机肥料实现了资源再利用、变废为宝、环境改善。

目前生产中应用较成熟的有牛粪、鸭粪、鸡粪、猪粪等。由于动物粪便成分复杂,一般存在致病虫害等问题,且有机质不断分解,释放出胺类物质,引起环境污染,因此生产上不直接应用,需先进行腐熟、烘干等处理。畜禽粪养分全面但不均衡,且营养元素含量低,配施适量无机肥效果更好^[5]。另外,畜禽粪由于自身理化性状的不足,直接使用时不利于植物生长,与其他材料调和改善后方可用于生产实践。富含锯末的鸭粪堆肥疏松多孔,保水能力强,

但速效氮含量低,与市政固体垃圾堆肥配合施用表现出良好的互补效应^[6]。牛粪堆肥电导率偏高,影响植物根系吸收养分的能力^[7],Ge 等^[8]将牛粪、酒渣、菇渣 3 种有机物按照不同配比进行番茄和西葫芦育苗试验,发现酒渣、菇渣和牛粪体积比为 4.5:4.5:1 时出苗效果最好,其总养分含量比对照(草炭和珍珠岩体积比为 2:1)高出 2.97%,克服了单种牛粪堆肥性质上的不足。

关于畜禽粪作为有机肥的研究,不仅涉及探究畜禽粪与其他有机或无机肥的最佳配施方案,同时在畜禽粪的处理工艺上也不断寻求突破。众所周知,某些种类的蚯蚓能够消耗并分解大部分有机剩余物如市政污泥、动物粪便、作物残茬和工业垃圾等。Atiyeh 等^[9]用蚯蚓分解猪粪部分代替 Metro-Mix 360 标准基质进行番茄栽培试验,取得良好效果。但好的栽培效果不能简单归功于蚯蚓分解猪粪所带来的基质理化性状的改善,更有可能是蚯蚓粪提供了某些能够调节植物生长的物质。目前这方面的研究较少。

2.2 城市固体垃圾和污泥

西班牙早在 20 世纪末就已经将生物固体垃圾和木材废弃物广泛用于园艺生产^[10]。仅葡萄牙每年生活垃圾就超过 350 万 t^[11],全球每年更是有大量的市政垃圾等待处理。研究表明,将市政固体垃圾堆肥施入土壤可以降低土壤容重、增强土壤持水性且提供必需的营养元素^[12]。Ribeiro 等^[11]研究了市政固体垃圾堆肥作为肥料对盆栽天竺葵生长的影响,发现堆肥的施用量不超过 16.5% 时天竺葵生长较好。城市固体垃圾堆肥对植物的限制因素是其盐分含量高,因此在基质中所占比例以 15%~20% 为宜,且要适量补充氮和磷元素。

污泥由于其较高的含水率和丰富的营养含量且养分缓释长效,成为优良的土壤改良剂,其在园艺栽培基质上的应用也成为研究热点。污泥可以明显增大植物地上部分生物量,延长植物的萎蔫时间,提高栽培基质中速效氮、磷、钾含量^[13]。污泥由于其优良的理化性质,园艺上对污泥的开发也从污水处理厂扩展到了其他领域。河道污泥,除了具有普通污泥理化性状上的优点,同时富含水生藻类、藓类等植物遗体,有机质含量丰富,且有研究发现河道污泥中硝酸盐含量低于草炭^[14],作为栽培基质可以充分发挥其价值。

城市固体垃圾堆肥和污泥可以代替部分草炭用于种植观赏植物,其产出的植物株高及植株鲜质量与草炭种植结果相当,甚至更好。栽培过程中对水

分和养分的需求也与草炭栽培过程中需求相似,但成本可降低 20%~40%^[15]。

2.3 菇渣和工业废渣

近年来,我国食用菌产业不断发展壮大,菇渣的产量也日益上升。菇渣中营养成分复杂,养分不均衡,且有机物不断分解放热,直接用来栽培作物时出现发芽率低、植株发黄、长势弱等问题^[16]。因此,菇渣必须经过一定处理才能用于园艺栽培,常见的处理措施是高温堆制发酵。郑奕等^[17]通过向菇渣原料中添加微生物、尿素、鸡粪等研究了废弃物菇渣的发酵工艺,确定了最适宜的温度和水分条件。Zhang等^[18]将菇渣、草炭和蛭石按照不同配比进行番茄和黄瓜育苗,结果发现,菇渣与蛭石体积比为 2:1 和菇渣与珍珠岩体积比为 4:1 时,植株高度、叶面积指数、鲜质量、干质量及发芽率均高于对照组(草炭与珍珠岩体积比为 1:1)。王永和等^[19]将菇渣堆肥与黄沙以体积比 1:5 混合进行番茄栽培,结果显示,该处理明显优于对照组(单种黄沙基质),且 pH 值在 5.0~7.0 时植株生长量与基质 pH 值成正比。Medina 等^[20]将菇渣与草炭复配后,选取 3 类对盐分敏感度差异很大的植物进行栽培试验,结果显示,辣椒耐盐性强,在菇渣和草炭体积比为 3:1 的基质上能生长良好;而番茄耐盐性最差,其栽培基质中菇渣体积以不超过 25% 为宜,该试验将基质理化性状与植物生长习性联系起来,实现了植物种类与基质配方相匹配,为新型基质的研究利用提供了一个新思路。

与菇渣一样,许多工业废渣如木薯渣、沼渣、葡萄榨渣、橄榄厂废渣、制药厂药渣^[21]等也被广泛用作园艺基质。由于这些工业废渣中含有一些有害物质,必须进行有害物质的降解和脱除处理,才能应用于园艺栽培生产。另外,每种基质都有其优势和不足,生产上常需进行适当改善,以使其发挥最佳效能。木薯渣由于其孔隙比偏大、容重偏小而很难达到基质适宜结构指标范围,可将其与蛭石等重型基质材料复配使用^[22]。沼渣富含有机质,在栽培基质中施入沼渣能增加基质中有机质和速效氮、磷、钾含量,且能使植物产量和质量明显提高^[23]。Baran 等^[24]将葡萄榨渣堆肥与草炭、珍珠岩按不同配比混合用作园艺基质,结果表明,葡萄榨渣物理性状良好、成本低且养分含量丰富,在基质中所占比例可高达 50%。Altieri 等^[25-26]用橄榄厂废渣堆肥部分代替草炭栽培草莓,取得良好效果。中药渣富含有机质,利用中药渣制备有机栽培基质,操作简便,成本低。伍淳操等^[7]将经过高温堆腐发酵的中药渣粉碎后用作园艺栽培基质,结果表明,复合基质中添加中药渣能提高花卉出苗率、壮苗率,改善生长状况。但中药渣可能含有重金属、农残等有害物质,制备复

合基质前需经过洗涤、浸泡、提取等一系列生产工艺流程。

2.4 农林废弃物

农林废弃物包括作物秸秆、果壳、树皮及树枝等。将这些农林废弃物开发应用作为园艺栽培基质,使其又应用于农林业发展,实现了资源的循环利用,有利于可持续发展。

我国作为农业大国,每年产出大量秸秆,部分粮食作物秸秆如小麦、玉米等还田率较高,但仍有大量秸秆属弃置资源,开发生产园艺栽培基质是其有效利用途径之一。作物秸秆产量最多的是玉米、小麦、水稻。作物秸秆传统的处理方式是经过生物腐熟、堆沤后还田,同时补施一定量氮肥。秸秆材料取材容易,价格便宜,养分含量高^[27],发酵后秸秆的木质素、纤维素等充分降解,理化性状表现良好^[28]。但秸秆基质质地轻,使用时需与重型基质混合。秦性英^[3]利用玉米秸秆和花生壳进行发酵,将发酵基质与珍珠岩和蛭石按不同比例混合进行育苗试验,发现油茶在发酵基质:过磷酸钙:珍珠岩=30:1:10(体积比)的混合基质中表现较好。范广璞等^[29]将炉渣和发酵后的小麦秸秆按不同比例混合,结果表明发酵小麦秸秆和炉渣体积比为 7:3 时,基质综合效果最佳。崔元珏等^[30]将棉花秸秆分别与玉米秸秆、河沙、稻壳、菌糠、炉渣等按不同配比进行番茄栽培试验,确定出最佳配方为棉花秸秆、蛭石、河沙体积比为 5:3:2。秸秆基质配方的研究日益成熟,生产工艺也不断创新。江笑丹等^[31]将青玉米秸秆进行好氧堆肥后栽培生菜取得成功。这种小堆体发酵方式简单易操作,是农户家用秸秆堆肥化利用的有效途径。葛桂民^[32]将玉米秸发酵基质与其他基质按照不同配比进行育苗试验,结果表明,在配方为玉米秸秆基质:腐殖酸:过磷酸钙:粘结剂:蛭石=15:0.3:0.6:1.5:4(体积比)的基质上一品红生根率较高,达到 90%,并将该基质机压成型,生产出方便、实用的压缩栽培基质块。

热带及亚热带地区具有丰富的椰子资源,椰衣纤维在花卉产业中已供不应求。椰壳、榛子壳等矿物质元素含量丰富,其中磷元素和钾元素含量偏高,氮、钙、镁元素含量偏低,发酵后持水性能优于泥炭^[11,33]。刘荏等^[34]将椰糠和其他基质按照不同配比进行岩生报春栽培试验,得出岩生报春理想盆栽基质为:草炭:椰糠:珍珠岩=3:2:1(体积比)。果壳、树皮、树枝中半纤维素含量低,生物稳定性较好^[35-36]。不同树种树皮的结构、成分差异很大,目前栽培基质中研究较多的是松树、杉树、桉树等树皮。树皮的亲水性低,且含有较多有害物质如树脂、单宁、酚类等,必须采取措施对树皮进行脱毒处理并

改善亲水性,才可应用于园艺栽培^[37]。另外,园林绿化上的修枝剪叶、木材加工厂的锯末等数量也非常可观。周诚等^[4]以枯枝落叶为主要原料发酵的基质栽培莴笋、小青菜均出现异常,用其他基质进行适度调配后效果也不明显,且都出现了死苗现象。对于发酵工艺的研究,Echeverria 等^[38]向传统的橄榄壳发酵物料中添加 *Bacillus subtilis* M51/2、*Serratia marcescens* strain B2 等微生物培养物作为启动因子,加快了发酵速度,缩短了腐熟时间,使腐殖化更彻底且消毒效果更好。随着基质开发技术的逐渐成熟,园艺基质的研究领域也从生产栽培到生产工艺,再到生态功能上不断发展。Hernandez-Apaolaza 等^[39]在松树皮和椰壳基质中分别添加污泥,比较 2 种基质对重金属和硝酸盐的吸附滤除能力,结果表明,松树皮基质对 Zn、Cd、Pb 和硝酸盐的吸附滤除能力高于椰壳基质,为生产无公害绿色食品提供了参考。

3 小结

3.1 存在的问题

3.1.1 基质生产工艺 新型基质材料的开发成为目前基质研究的热点,各种材料的开发模式也逐渐成形,但基质生产的各个环节尚没有实现统一化、标准化。基质产品难以标准化的主要原因在于原料加工工艺没有标准化。不同种类的原料开发模式不同,同种原料不同产地其加工工艺也千差万别,即使加工工艺相同,开发出来的同种原料不同批次之间也存在较大差异。标准化的生产工艺要求基质的结构符合一定参数标准,以适应工厂化、规模化生产的需要。

3.1.2 基质的脱毒处理 新型基质材料的来源广泛,原料种类繁多、性状复杂。发酵过程中易产生一些次生代谢有害产物,或是原料自身携带有重金属、病原菌等,因此基质在投入生产应用前需进行脱毒处理。但由于原料不同、产地不同及发酵工艺不同,导致有害成分不明确、不稳定,脱毒方法也不尽相同。如何脱除基质中有害物质成为目前基质开发过程的一个难题。

3.1.3 基质的养分控制 与无机基质相比,有机基质本身含有一定的养分,这种养分的释放速度不稳定、难以人为控制,即使营养液控制的十分精准,也很难实现对栽培植物的营养进行精准调控,这也是目前有机废弃物用于栽培基质面临的难题。但是,有机废弃物具有独特的优势。其来源广泛,自身营养价值较高,如果进行适当处理,完全可以趋利避害,成为生产园艺基质炙手可热的原材料。

3.2 展望

目前,设施园艺上基质栽培覆盖率高达 80%,

市场上应用较广泛的基质仍是研究较早也较成熟的草炭、珍珠岩、蛭石等,目前开发潜力较大的是各类有机废弃物。作物秸秆、芦苇末、棉籽壳、酒糟等有机材料用于栽培基质依然存在理化性状不稳定、成分复杂等不利因素,但其充足的营养含量能为植物生长提供足够的养分,而且变废为宝,使农业资源实现其最大价值,有机混配基质是今后基质发展的一个重要方向。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 关绍华,熊翠华,何讯,等.无土栽培技术现状及其应用[J].现代农业科技,2013(23):133-135.
- [3] 秦性英.新型压缩机配方筛选及育苗技术研究[D].郑州:河南农业大学,2007.
- [4] 周诚,汤良富,符树根,等.广适性有机栽培基质筛选试验研究[J].江西林业科技,2013(5):34-35.
- [5] 陶正平,贾卫国,程达武,等.利用有机肥料进行基质床式番茄无土栽培初报[J].吉林农业科学,1995(3):57-59.
- [6] Zoes V, Dinel H, Pare T, et al. Growth substrates made from duck excreta enriched wood shavings and source-separated municipal solid waste compost and separates: physical and chemical characteristics [J]. Bioresource Technology, 2001, 78(1): 21-30.
- [7] 伍淳操,蒋渝,唐安明,等.中药渣有机栽培基质应用研究[J].重庆中草药研究,2013(2):1-4.
- [8] Ge M H, Chen G, Xiang H, et al. Screening for formulas of complex substrates for seedling cultivation of tomato and marrow squash [J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 16: 606-615.
- [9] Atiyeh R M, Edwards C A, Subler S, et al. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: Effects on physicochemical properties and plant growth [J]. Bioresource Technology, 2001, 78(1): 11-20.
- [10] Lourdes H A, Antonio M G, Jose M G, et al. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants [J]. Bioresource Technology, 2005, 96(1): 125-131.
- [11] Ribeiro H M, Vasconcelos E, Santos J Q, et al. Fertilisation of potted geranium with a municipal solid waste compost [J]. Bioresource Technology, 2000, 73(3): 247-249.
- [12] Veeken A, Wilde V, Woelders H, et al. Advanced bio-conversion of biowaste for production of a peat substitute and renewable energy [J]. Bioresource Technology, 2004, 92(2): 121-131.

- [13] 刘淑波. 浅谈污泥对栽培基质保水性和有效养分的影响[J]. 内蒙古林业调查设计, 2014, 37(1): 109-111.
- [14] Chavez W, Benedetto A D, Civeira G, *et al.* Alternative soilless media for growing petunia \times hybrida and impatiens wallerana: Physical behavior, effect of fertilization and nitrate losses[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(17): 8082-8087.
- [15] Ingelmo F, Canet R, Ibanez M A, *et al.* Use of MSW compost, dried sewage sludge and other wastes as partial substitutes for peat and soil[J]. Bioresource Technology, 1998, 63(2): 123-129.
- [16] Ribas L C C, Mendonca M M, Camellini C M, *et al.* Use of spent mushroom substrates from *Agaricus subrufescens* (syn. *A. blazei*, *A. brasiliensis*) and *Lentinula edodes* productions in the enrichment of a soil-based potting media for lettuce (*Lactuca sativa*) cultivation: Growth promotion and soil bioremediation [J]. Bioresource Technology, 2009, 100(20): 4750-4757.
- [17] 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.
- [18] Zhang R H, Duan Z Q, Li Z G. Use of spent mushroom substrate as growing media for tomato and cucumber seedlings[J]. Pedosphere, 2012, 22(3): 333-342.
- [19] 王永和, 韦中, 郁洁, 等. 适宜戈壁荒滩地区的番茄栽培基质[J]. 江苏农业学报, 2013, 29(6): 1333-1338.
- [20] Medina E, Paredes C, Perez-Murcia M D, *et al.* Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants[J]. Bioresource Technology, 2009, 100(18): 4227-4232.
- [21] Garcia-Gomez A, Bernal M P, Poig A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes[J]. Bioresource Technology, 2002, 83(2): 81-87.
- [22] 彭天沁, 徐刚, 高文瑞, 等. 木薯渣资源化利用的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(11): 10-12.
- [23] Feng H, Qu G F, Ning P, *et al.* The resource utilization of anaerobic fermentation residue [J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 11: 1092-1099.
- [24] Baran A, Cayci G, Kutuk C, *et al.* Composted grape marc as growing medium for hypostases (*Hypostases phyllostagya*) [J]. Bioresource Technology, 2001, 78(1): 103-106.
- [25] Altieri R, Esposito A, Baruzzi G, *et al.* Corroboration for the successful application of humified olive mill waste compost in soilless cultivation of strawberry[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2014, 88: 118-124.
- [26] Altieri R, Esposito A, Baruzzi G. Use of olive mill waste mix as peat surrogate in substrate for strawberry soilless cultivation[J]. International Biodeterioration & Biodegradation, 2010, 64(7): 670-675.
- [27] Belal E B, El-Mahrouk M E. Solid-state fermentation of rice straw residues for its use as growing medium in ornamental nurseries[J]. Acta Astronautica, 2010, 67(9): 1081-1089.
- [28] Velazquez-Cedeno M, Farnet A M, Mata G, *et al.* Role of *Bacillus* spp. in antagonism between *Pleurotus ostreatus* and *Trichoderma harzianum* in heat-treated wheat-straw substrates[J]. Bioresource Technology, 2008, 99(15): 6966-6973.
- [29] 范广璞, 杨猛, 黄亚东. 发酵粉碎麦秸和过筛炉渣混合制备的有机生态无土栽培基质研究[J]. 北方园艺, 2013(19): 22-25.
- [30] 崔元珏, 张升, 孙晓军, 等. 棉花秸秆为蔬菜栽培基质的可行性研究[J]. 北方园艺, 2012(19): 37-38.
- [31] 江笑丹, 李萍萍, 王纪章. 青玉米秸秆堆制发酵剂用作栽培基质的研究[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(6): 264-266.
- [32] 葛桂民. 玉米秸发酵有机基质压缩成型及育苗技术研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2009.
- [33] Qzcelik E, Peksen A. Hazelnut husk as a substrate for the cultivation of shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) [J]. Bioresource Technology, 2007, 98(14): 2652-2658.
- [34] 刘荏, 张启翔, 潘会堂. 椰糠作为栽培基质对岩生报春盆花生长发育的影响[J]. 福建农林大学学报, 2013, 42(5): 499-502.
- [35] Zeytin S, Baran A. Influences of composted hazelnut husk on some physical properties of soils [J]. Bioresource Technology, 2003, 88(3): 241-244.
- [36] Cunha-Queda A C, Ribeiro H M, Ramos A, *et al.* Study of biochemical and microbiological parameters during composting of pine and eucalyptus bark[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(17): 3213-3220.
- [37] Benito M, Masaguer A, Antonio R D, *et al.* Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media [J]. Bioresource Technology, 2005, 96(5): 597-603.
- [38] Echeverria M C, Cardelli R, Bedini S, *et al.* Microbially-enhanced composting of wet olive husks[J]. Bioresource Technology, 2012, 104: 509-517.
- [39] Hernandez-Apaolaza L, Guerrero F. Comparison between pine bark and coconut husk sorption capacity of metals and nitrate when mixed with sewage sludge [J]. Bioresource Technology, 2008, 99(6): 1544-1548.