园 艺 学 报 2010，37（4）：559－566
Acta Horticulturae Sinica

混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响

刘超杰，郭世荣*，王长义，束 胜，刘书仁，程玉静
（南京农业大学园艺学院，农业部南方蔬菜遗传改良重点开放实验室，南京 210095）

摘 要：以醋糟基质、草炭和蛭石为材料，按照不同比例混配形成醋糟复合基质，研究其理化性状和在辣椒育苗中的应用效果。结果表明，添加醋糟基质，提高了混配基质的总孔隙度和通气孔隙，降低了基质的持水孔隙，而添加蛭石则提高了混配基质的持水孔隙；纯醋糟基质营养元素含量和电导率（EC）高于草炭和蛭石；混配基质中醋糟基质的含量低于 75%时，辣椒幼苗的株高、叶面积以及生物量等均大于对照；添加保水性能良好的蛭石，有助于辣椒幼苗的生长。

关键词：辣椒；醋糟基质；育苗；草炭；蛭石
中图分类号：S 641.3 **文献标识码：**A **文章编号：**0513-353X（2010）04-0559-08

Vinegar Residue Substrate as Component of Mixed Substrate for Pepper Seedling Growth

LIU Chao-jie，GUO Shi-rong*，WANG Chang-yi，SHU Sheng，LIU Shu-ren，and CHENG Yu-jing
（*College of Horticulture*，*Nanjing Agricultural University*，*Key Laboratory of Southern Vegetable Crop Genetic Improvement*，*Ministry of Agriculture*，*Nanjing* 210095，*China*）

Abstract：The use of vinegar residue substrate as component of mixed substrate for pepper seedling growth instead of peat was studied. Vinegar residue substrate，peat and vermiculite were mixed in various ratios. Prior to sowing，some physical and chemical properties of the seedling substrates were determined and the growth of pepper seedling was also studied. In most of the cases，the addition of vinegar residue substrate to the seedling substrate produced an increase in total porosity and aeration porosity，a decrease in water holding porosity，whereas the content of vermiculite in mixed substrates increasing，the water holding porosity was also increased；The nutrient concentrations and electrical conductivity（EC）of vinegar residue substrate were higher than peat and vermiculite，less than 75% vinegar residue substrate using in mixed substrate，the plant height, total leaf area and biomass of pepper seedlings were better than control；The addition of vermiculite to the seedling substrate，which had good water holding capacity，the growth of pepper seedling was improved.

Key words：pepper；vinegar residue substrate；seedling；peat；vermiculite

长期以来，草炭作为育苗基质在世界范围里广泛的应用。草炭来源于沼泽地，正迅速地耗竭，引发了许多环境问题。很多国家已经开始限制草炭的开采，导致草炭的价格不断上涨（Ostos et al.，

收稿日期：2009－12－23；**修回日期：**2010－03－18
基金项目：现代农业产业技术体系建设专项；国家科技支撑计划项目（2008BADA6B00，2006BAD07B04）；江苏省农业三项工程项目［SX（2008）026］
* 通信作者 Author for correspondence（E-mail：srguo@njau.edu.cn）

2008）。因此，开发和利用来源广泛、性能稳定、价格低廉，又便于规模化商品生产的草炭替代基质的研究已成为热点。大量研究表明，许多工农业废弃物，如花生壳、锯末、苇末、作物秸秆、树皮、椰子壳纤维、菇渣、稻壳以及下水道污泥等，均可用来发酵生产基质，用于园艺作物的育苗和栽培（籍秀梅和孙治强，2001；Abad et al.，2002；李谦盛，2003；孙治强 等，2003； Lourdes et al., 2005；高新昊 等，2006；Marianthi，2006；Ostos et al.，2008；孙向丽和张启翔，2008；Medina et al.，2009）。

镇江香醋采用镇江当地生产的优质糯米为主要原料，并经传统固态分层发酵工艺酿造而成，但经过淋醋以后，辅料谷壳等不再重复利用（沈志远，2007），产生大量的废弃醋糟，对生态环境造成很大压力。李萍萍等（2007）的研究表明，纯醋糟基质存在颗粒粗、通气孔隙大等缺点，使用时应选择 2～3 种基质混配，调节其理化性状，以适应作物生长的需要。

作者研究了醋糟基质、草炭以及蛭石按照不同比例进行混配后的复合基质的理化性状，及其对辣椒幼苗生长的影响，探讨改善醋糟基质理化性状的方法以及作为育苗基质的可行性，力求在降低育苗成本的同时培育出壮苗，为更好地利用醋糟基质提供依据。

1 材料与方法

1.1 试材与处理

辣椒（*Capsicum annuum* L.）品种为‘苏椒五号’。育苗试验于 2008 年 7 月至 10 月在南京农业大学实验基地的现代化温室中进行。

所用醋糟基质、草炭以及蛭石，均由镇江培蕾有机肥有限公司提供。先将草炭和醋糟基质按不同体积比例混配，设置 5 个水平，分别是（草炭∶醋糟基质）：A1，100∶0；A2，75∶25；A3，50∶50；A4，25∶75；A5，0∶100。再将上述物料分别和蛭石按不同体积比例混配，设置 4 个水平，分别是（物料∶蛭石）：B1，1∶0；B2，3∶1；B3，2∶1；B4，3∶2。以草炭∶蛭石 ＝2∶1（体积比），即 A1B3 为对照。共计 20 个处理，各组分占混配基质的体积比见表 1。

表 1 育苗基质的体积配比

Table 1 Proportion of experimental seedling substrates（percentage by volume） /%

基质配方 Substrate formula	草炭 Peat	醋糟基质 Vinegar residue	蛭石 Vermiculite	基质配方 Substrate formula	草炭 Peat	醋糟基质 Vinegar residue	蛭石 Vermiculite
A1B1	100	0	0	A1B3(对照 Control)	66.7	0	33.3
A2B1	75	25	0	A2B3	50	16.7	33.3
A3B1	50	50	0	A3B3	33.3	33.3	33.3
A4B1	25	75	0	A4B3	16.7	50	33.3
A5B1	0	100	0	A5B3	0	66.7	33.3
A1B2	75	0	25	A1B4	60	0	40
A2B2	56.25	18.75	25	A2B4	45	15	40
A3B2	37.50	37.50	25	A3B4	30	30	40
A4B2	18.75	56.25	25	A4B4	15	45	40
A5B2	0	75	25	A5B4	0	60	40

选取饱满、整齐一致的辣椒种子，55 ℃温汤浸种 15 min，（29 ± 1）℃培养箱催芽，选取发芽一致的种子进行播种。育苗容器采用 72 孔穴盘，每个穴盘播 1 粒种子，每处理播 72 株，重复 3 次，

随机区组排列，共 4 320 株。每天上午浇灌清水。各处理基质的理化性状在混配后育苗前测定，辣椒植株的各项生长指标在幼苗五叶一心时测定。

1.2　测定方法

基质的容重与孔隙度参照郭世荣（2003）的方法测定；将风干基质（质量）与去离子水（体积）以 1∶5 比例相混合，经 2 h后取滤液，测定pH和EC值（程斐，2001）；基质的阳离子交换量（CEC）参照王富华（1992）的方法测定。将风干的基质和烘干的辣椒幼苗粉碎，并过 0.5 mm筛用于营养成分测定：采用H_2SO_4－H_2O_2消煮，凯氏定氮法测定氮；HNO_3－$HClO_4$消煮后，比色法测定磷，原子吸收光谱测定钾、钙和镁（鲍士旦，1981）。

用直尺测量幼苗株高；游标卡尺测定茎粗（子叶下部 2/3 处的粗度）；烘干法测定干质量；用台式扫描仪（EPSON EXPERSSION 1680）将新鲜的幼苗叶片和根系图像扫描存入电脑，再用图像分析软件 Win RHIZO（加拿大 Regent Instruments 公司）分析总叶面积、总根长和总根体积。

数据采用 Microsoft Excel 2003 和 DPS 3.01 进行处理和统计分析。

2　结果与分析

2.1　混配醋糟复合基质的理化性状分析

从表 2 可以看出，各个处理的容重在 0.21 ~ 0.26 g · cm^{-3}之间，纯草炭处理（A1B1）的最大，而纯醋糟基质处理（A5B1）的容重其次，蛭石的容重最小，因此随着混配基质中醋糟基质和蛭石含量的增加，混配基质的容重则逐渐减小。总体而言，随着混配基质中醋糟基质含量的增加（从A1 到A5），其总孔隙度也随之增大，混配基质的通气孔隙逐渐增加，而持水孔隙则逐渐减小，水气比

表 2　混配醋糟复合基质的物理性状

Table 2　Main physical properties of different mixed vinegar residue substrates

处理 Treatment	容重/(g · cm^{-3}) Bulk density	总孔隙/ % Total porosity	通气孔隙/ % Aeration porosity	持水孔隙/ % Water-holding porosity	水气比 WHP/AP
A1B1	0.25a	75.9abc	28.2cd	47.3def	1.68fghi
A2B1	0.25a	73.8cdef	25.9de	47.8de	1.87defg
A3B1	0.24ab	72.2defg	24.1def	48.1de	2.00def
A4B1	0.23ab	76.8abc	41.3a	35.2j	0.87j
A5B1	0.22bc	78.8a	35.0b	43.8fghi	1.25ij
A1B2	0.26a	69.8g	16.8g	53.0ab	3.18ab
A2B2	0.24ab	75.1bcd	25.2de	49.9bcd	2.26cde
A3B2	0.22bc	74.0cdef	32.7bc	41.3i	1.28hij
A4B2	0.21bc	76.9abc	35.7b	41.2i	1.17ij
A5B2	0.22bc	78.1ab	35.3b	42.8hi	1.22ij
A1B3（对照 Control）	0.25a	71.2fg	16.7g	54.8a	3.34a
A2B3	0.24ab	71.1fg	28.0cd	43.1hi	1.68fghi
A3B3	0.22bc	72.2defg	25.0de	47.2def	1.91defg
A4B3	0.22bc	75.7abc	28.0cd	47.7de	1.70efghi
A5B3	0.26a	75.7abc	32.0bc	43.3ghi	1.36ghij
A1B4	0.24ab	70.3g	24.0def	46.3defgh	1.93defg
A2B4	0.24ab	70.1g	21.0efg	49.1cde	2.37cd
A3B4	0.23ab	71.9efg	19.3fg	52.2abc	2.71bc
A4B4	0.23ab	72.3defg	25.9de	46.8defg	1.82defgh
A5B4	0.22bc	74.9cde	28.7cd	46.2efgh	1.63fghi

注：同列中不同字母表示差异显著（P<0.05），下同。

Note：Values within each column followed by the different letters show significant difference（P<0.05）. The same below.

也逐渐减小，这可能由于纯醋糟基质（A5B1）中含有较多的大颗粒，造成醋糟复合基质的通气孔隙较大，而持水孔隙较少，进而水气较小；随着蛭石添加量的增加（从 B1 到 B4），混配基质的总孔隙度则减小，而蛭石吸水保水性较好，混配基质中的持水孔隙逐渐增加，但通气孔隙变化不大。由以上分析可知，随着醋糟基质含量的增加，提高了混配基质的总孔隙度和通气孔隙，降低了基质的持水孔隙；随着蛭石含量的增加，提高了混配基质的持水孔隙。

从表 3 可以看出，总体而言，随着醋糟基质含量的增加（从A1 到A5），混配基质的氮含量逐渐增高，而随着蛭石含量的增加（从B1 到B4），混配基质的氮含量则逐渐减小；但各个处理的磷含量在 2.51 ~ 2.94 g · kg^{-1}之间；混配基质的钾和镁含量不随醋糟基质含量的增加而变化，但随着蛭石含量的增加，混配基质的镁含量也逐步增加；随着醋糟基质含量的增加（从A1 到A5），混配基质的钙含量逐渐增高，而随着蛭石含量的增加（从B1 到B4），混配基质的钙含量则逐渐减小；由于纯醋糟基质的阳离子交换量（CEC）比草炭大，因此，随着醋糟基质含量的增加，混配基质的CEC也逐渐增大；各个处理的pH在 6.47 ~ 7.07 之间，纯醋糟基质的pH最小，且随着醋糟基质含量的增加，混配基质的pH逐渐减小，而随着蛭石含量的增加，混配基质的pH则逐渐增大；醋糟基质的电导率（EC）最大，草炭较小，因此随着草炭和蛭石含量的增加，混配基质的EC逐渐减小。从以上分析可知，随着醋糟基质含量的增加，混配基质中的N、Ca含量也逐步增加，混配基质中CEC和EC 含量亦逐步增加，但混配基质的pH逐渐减小。

表 3 混配醋糟复合基质的化学性状

Table 3 Main chemical properties of different mixed vinegar residue substrates

处理 Treatment	氮/ (g · kg^{-1}) Nitrogen	磷/ (g · kg^{-1}) Phosphorus	钾/ (g · kg^{-1}) Potassium	钙/ (g · kg^{-1}) Calcium	镁/ (g · kg^{-1}) Magnesium	阳离子交换量/ (cmol · kg^{-1}) CEC	pH	电导率/ (mS · cm^{-1}) EC
A1B1	10.61ij	2.94a	7.05h	3.27m	1.37h	24.66j	6.84ab	0.46l
A2B1	11.66gh	2.90b	9.78g	6.02jklm	1.83h	28.47ij	6.83ab	1.83 k
A3B1	16.65d	2.84cd	6.91h	13.69efg	1.53h	40.54hi	6.77ab	4.80f
A4B1	20.81b	2.65fg	7.03h	23.45b	1.63h	57.02efg	6.54b	5.63c
A5B1	27.26a	2.54h	6.89h	29.01a	1.80h	57.77efg	6.47b	9.17a
A1B2	5.83m	2.89b	17.75b	5.63klm	4.91g	24.87j	6.91ab	0.32l
A2B2	8.53k	2.88b	20.26a	8.94ij	6.44ef	29.45ij	6.71ab	1.83k
A3B2	12.07g	2.81d	14.26de	12.68fgh	4.75g	60.67defg	6.80ab	3.27i
A4B2	15.41e	2.63g	17.39bc	11.03ghi	5.01g	63.45def	6.52b	5.00e
A5B2	18.31c	2.62g	14.10e	19.71c	4.58g	69.42cde	6.48b	6.97b
A1B3（对照 Control）	4.79n	2.67f	14.30de	5.09lm	4.91g	29.48ij	7.07a	0.27l
A2B3	7.91kl	2.62g	16.61bc	7.92ijkl	6.12f	46.76gh	6.85ab	1.80k
A3B3	10.82i	2.71e	16.27bcd	8.75ijk	7.39cde	58.05efg	6.77ab	3.73h
A4B3	12.28g	2.51h	16.16bcde	17.96cd	6.76def	75.61bcd	6.66ab	4.70f
A5B3	14.98e	2.36i	15.33cde	16.57de	7.35cde	81.66abc	6.49b	5.37d
A1B4	4.58n	2.81d	15.59cde	9.16ij	8.34abc	38.99hij	7.05a	0.32l
A2B4	7.28l	2.87bc	15.31cde	9.96hi	8.40ab	48.73fgh	6.90ab	1.67k
A3B4	9.99j	2.80d	14.47de	9.24ij	8.31abc	71.33cde	6.82ab	2.77j
A4B4	11.01hi	2.53h	15.35cde	14.10efg	8.61a	87.20ab	6.63ab	4.07g
A5B4	13.32f	2.38i	12.17f	14.46ef	7.50bcd	82.16abc	6.59b	5.67c

2.2 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长及营养元素含量和积累量的影响

从表 4 可知，总体而言，随着草炭含量的增加和醋糟基质含量的减少，混配基质处理的株高、单株叶面积、单株地上干质量等地上部分生长指标逐渐升高，但纯草炭处理（A1B1）其地上部分生

长没有纯醋糟处理（A5B1）良好；随着蛭石含量的增加，株高、单株叶面积和单株地上干质量等地上部生长指标亦逐步升高。与对照（A1B3）相比，纯草炭处理（A1B1）或纯醋糟处理（A5B1）的株高、单株叶面积均出现不同程度的降低，而混配基质中，醋糟和合成基质含量低于 75%的处理，均比对照生长良好，但以添加草炭的处理优于蛭石。

总体而言，随着醋糟基质含量的增加，以及蛭石含量的增加，混配基质处理的单株总根长、单株根系体积和单株根系干质量逐步增加，可能是因为随着醋糟基质含量的增加，增加了混配基质的通气孔隙，而蛭石含量的增加则增加了混配基质的持水能力，从而改善了辣椒根系环境；另一方面，由于醋糟基质中含有大量的营养元素，亦促进了辣椒根系的生长。

从各个处理的单株干质量来看，总体而言，与地上部分生长指标变化趋势相一致，随着草炭含量的增加和醋糟基质含量的减少，混配基质处理的单株干质量逐渐增加。从数值上看，辣椒的地上干质量在总干质量的比例要远远大于根系干质量所占比例，因此单株干质量的变化趋势与地上干质量变化趋势是一致的。

表 4　混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响

Table 4　Effects of different mixed vinegar residue substrates on growth of pepper seedlings

处理 Treatment	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stalk width	单株叶面积/cm^2 Total leaves area	单株总根长/cm Total roots length	单株根体积/cm^3 Total roots volume	单株地上干质量/mg Shoots dry biomass	单株根干质量/mg Roots dry biomass	全株干质量/mg Plant dry biomass
A1B1	7.75de	1.15d	7.59e	78.84c	0.09cd	32.18g	7.31k	39.49fg
A2B1	11.40a	1.73abc	13.01abcd	83.49bc	0.09cd	67.54ab	12.64efg	80.19a
A3B1	9.03bcde	1.55c	11.76abcde	85.75bc	0.11bcd	45.85cdef	11.44fghi	57.29cde
A4B1	9.03bcde	1.83abc	12.54abcde	114.63abc	0.13abcd	50.35cde	13.28def	63.63bcd
A5B1	8.70bcde	1.98a	9.56cde	141.15ab	0.20ab	54.57bcd	16.60bc	71.17abc
A1B2	7.48e	1.70abc	7.76e	79.43c	0.11bcd	29.90g	7.68k	37.58g
A2B2	10.08abc	1.80abc	11.70abcde	105.95abc	0.12bcd	47.53cdef	9.61ij	57.14cde
A3B2	9.40bcde	1.80abc	9.39de	114.21abc	0.15abcd	46.50cdef	11.33ghi	57.83cde
A4B2	8.88bcde	1.70abc	10.80abcde	118.33abc	0.18abc	48.50cdef	14.25de	62.75bcd
A5B2	8.85bcde	1.95a	14.52abc	132.39abc	0.17abcd	54.43bcd	17.38ab	71.81abc
A1B3（对照 Control）	8.20cde	1.58bc	10.38bcde	84.84bc	0.11bcd	35.15fg	10.33hij	45.48efg
A2B3	10.68ab	1.83abc	12.38abcde	106.44abc	0.12bcd	58.80abc	11.78fgh	70.58abc
A3B3	9.88abcd	1.93a	14.41abcd	122.68abc	0.15abcd	55.51bc	14.90cd	70.41abc
A4B3	8.43cde	1.83abc	13.91abcd	109.45abc	0.18abc	52.01cd	17.23ab	69.24abc
A5B3	8.38cde	1.98a	12.36abcde	121.86abc	0.17abcd	57.28abc	18.72a	76.00ab
A1B4	8.73bcde	1.55c	10.59bcde	82.95bc	0.10cd	38.05efg	8.99jk	47.04efg
A2B4	10.23abc	1.78abc	15.73a	74.10c	0.14abcd	70.27a	10.99ghi	81.26a
A3B4	9.00bcde	1.68abc	12.17abcde	80.01c	0.13abcd	59.57abc	12.66efg	72.23abc
A4B4	8.55bcde	1.90a	15.01ab	109.17abc	0.18abcd	40.62defg	11.31ghi	51.94def
A5B4	8.60bcde	1.88ab	13.76abcd	145.74a	0.22a	51.74cde	16.79b	68.53abc

从表 5 可以看出，辣椒幼苗的氮（N）含量和钾（K）含量随着醋糟基质含量的增加而增加，而辣椒幼苗的磷（P）含量与醋糟基质含量不成线性关系。Medina 等（2009）的研究结果表明，随着菇渣基质含量的增加，辣椒幼苗的 N 和 K 含量亦逐步增加，且 P 含量差异不显著，本研究结果与其一致。但不同植物材料研究结果并不一致，Sánchez-Monedero 等（2004）和 Medina 等（2009）在洋葱上研究结果表明，其各个处理的 N 含量差异不显著，并认为可能原因是洋葱对养分需求量较低，而辣椒对养分需求量较大。同时，由于辣椒幼苗元素积累量为辣椒幼苗的元素含量与干质量的乘积，而各个处理辣椒幼苗元素含量的变化幅度远小于干质量的变化幅度，因此各个处理的营养元素积累量的变化趋势与干质量变化趋势一致。

表 5 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗营养元素含量和积累量的影响

Table 5 Nutrient concentration and accumulation of pepper seedlings in different mixed vinegar residue substrates

处理 Treatment	氮 Nitrogen 含量/ ($g \cdot kg^{-1}$) Concentration	氮 Nitrogen 积累量/ ($mg \cdot plant^{-1}$) Accumulation	磷 Phosphorus 含量/ ($g \cdot kg^{-1}$) Concentration	磷 Phosphorus 积累量/ ($mg \cdot plant^{-1}$) Accumulation	钾 Potassium 含量/ ($g \cdot kg^{-1}$) Concentration	钾 Potassium 积累量/ ($mg \cdot plant^{-1}$) Accumulation
A1B1	27.63a	1.09ghi	4.03abc	0.16kl	11.67hi	0.46f
A2B1	27.05ab	2.17a	3.93cd	0.32a	18.66cdef	1.50b
A3B1	21.84efg	1.25fg	3.88cde	0.22gh	17.62defg	1.01cd
A4B1	19.24gh	1.22fg	3.97abc	0.25f	14.28ghi	0.91de
A5B1	20.28fgh	1.44de	3.61f	0.26ef	11.40i	0.81de
A1B2	21.84efg	0.82jk	4.02abc	0.15l	18.10cdefg	0.68e
A2B2	16.12j	0.92ij	3.73def	0.21hi	17.20efg	0.98cd
A3B2	16.64ij	0.96ij	3.91cde	0.23g	15.41fgh	0.89de
A4B2	21.31efgh	1.34ef	3.96bc	0.25f	15.68fg	0.98cd
A5B2	21.84efg	1.57d	3.97abc	0.29b	20.92bcde	1.50b
A1B3（对照 Control）	22.88def	1.04hi	3.71ef	0.17k	20.38bcde	0.93d
A2B3	24.98bcd	1.76bc	3.89cde	0.27cd	22.84ab	1.61ab
A3B3	21.84efg	1.54d	4.04abc	0.28bc	21.98abc	1.55ab
A4B3	20.81efgh	1.44de	4.15ab	0.29b	25.50a	1.77a
A5B3	21.33efgh	1.62cd	4.18a	0.32a	21.62abcd	1.64ab
A1B4	25.49abc	1.20fgh	3.94bc	0.19j	17.17efg	0.81de
A2B4	23.41cde	1.90b	3.97bc	0.32a	19.29bcdef	1.57ab
A3B4	21.84efg	1.58d	3.96bc	0.29b	16.90efg	1.22c
A4B4	13.03k	0.68k	3.96bc	0.21i	19.97bcde	1.04cd
A5B4	18.73hi	1.28ef	3.89cde	0.27de	15.12fghi	1.04cd

3 讨论

Abad等（2001）认为理想基质的容重应小于 0.4 $g \cdot cm^{-3}$，总孔隙度应大于 80%，而通气孔隙应在 20% ~ 30%之间；李谦盛（2003）提出的基质质量标准，认为容重应在 0.1 ~ 0.8 $g \cdot cm^{-3}$，总孔隙度应在 70 ~ 90%之间，通气孔隙应在 15% ~ 30%之间。本研究表明，各个处理的容重在 0.21 ~ 0.26 $g \cdot cm^{-3}$之间，均在Abad等（2001）提出的理想基质的要求范围之内，亦符合李谦盛（2003）提出的基质质量标准。各个处理的总孔隙度比Abad等（2001）提出的理想基质标准要小，但符合李谦盛（2003）的基质质量标准。本研究结果表明，随着醋糟基质含量的增加，混配基质中的通气孔隙增大，提高了育苗基质的通气能力，这与前人利用葡萄渣（Baran et al.，2001）、柠檬修剪树枝（Garcia-Gomez et al.，2002）、芦苇末（李谦盛 等，2003）、松树皮（Sánchez-Monedero et al.，2004）、酿酒废弃物（Bustamante et al.，2008）和蘑菇渣（Medina et al.，2009）作为生长基质的研究结果相一致，但不同材料的结果并不一致，利用锯末（籍秀梅和孙治强，2001）和小麦秸秆（孙向丽和张启翔，2008）合成有机基质的研究结果则表明，随着锯末基质和小麦秸秆在育苗基质中比例的升高，降低了混配基质的通气孔隙，因为与醋糟基质相比，锯末和小麦秸秆的颗粒度较小，增加了混配基质的持水孔隙同时，相应的降低了混配基质的通气孔隙。本研究表明，随着蛭石添加量的增加，提高了混配基质的持水孔隙。由于蛭石具有强吸水性和保水性，同时价格低廉，一般育苗基质中混有蛭石，改善了混配基质的保水能力（李谦盛 等，2003），在天气炎热、水分蒸发量大的夏季育苗生产中，这一点显得尤为重要。

本试验结果表明，纯醋糟基质营养元素含量高于草炭和蛭石，并且随着醋糟基质含量的增加，混配基质中的氮元素等营养元素含量逐步增加。前人在研究苇末基质（程斐 等，2001）、松树皮（Sánchez-Monedero et al., 2004）、小麦秸秆（高新昊 等，2006）和蘑菇渣（Medina et al.，2009）基质时，亦有

相同结果。本试验未对醋糟基质的汞、镉、铬、砷和铅等重金属含量进行测定和分析，主要考虑到醋糟是食品工业的废弃物，其前期重金属问题已经得到了很好的控制，废料中不存在重金属污染问题。

基质的电导率（EC）的高低是限制有机废弃物基质应用于育苗或栽培基质的主要限制因子（Garcia-Gomez et al.，2002）。目前尚未有统一的标准，并且测定EC的方法很多，主要的不同在于基质浸提液所用的基质和水的比例不同，给基质研究相互交流带来了困难（李谦盛，2003），造成这种局面的主要原因是各种材料性状差异太大，特别是容重、持水能力之间的差异较大，研究者根据自己的研究材料，对测定方法进行了不同的改进。Abad等（2001）认为理想基质的EC应小于 0.5 mS · cm^{-1}，所用测定的方法为基质与水比例为 1 : 6（体积比）；如果按照基质与水比 1 : 10（质量/体积）方法测定，理想基质的EC应在 0.75 ~ 3.49 mS · cm^{-1}（Garcia-Gomez et al.，2002），据此估算，按照基质与水比例 1 : 5（质量/体积）测定，理想基质的EC上限应为 6.5 mS · cm^{-1}左右。但这大大超过了李谦盛（2003）所建议的有机基质质量标准：采用饱和测定法（SME）测定，育苗基质的EC值应在 0.75 ~ 2.00 mS · cm^{-1}，栽培基质的EC应在 0.75 ~ 3.50 mS · cm^{-1}。具体不同材料的质量标准还需要根据自身的性状，在实践中探索。本试验中，利用基质与水比例为 1 : 5（质量/体积）（程斐 等，2001；高新昊 等，2006），纯醋糟复合基质的EC为 9.17 mS · cm^{-1}，而当醋糟复合基质占混配基质的比例低于 75%，混配基质的EC值小于 5.63 mS · cm^{-1}，符合Garcia-Gomez 等（2002）估算的标准，但高于李谦盛（2003）提出的标准。作物在高盐分的情况下，抑制作物的萌发（Sánchez-Monedero et al.，2004；Bustamante et al.，2008；Medina et al.，2009），而利用废弃物合成的有机基质普遍存在盐分含量高、EC值偏大等缺点（Baran et al., 2001；程斐 等，2001；Abad et al.，2002；Marianthi，2006；高新昊 等，2006），一般通过添加草炭或者蛭石以降低其EC，从而对作物的萌发不产生抑制作用。同时，时连辉等（2008）研究表明淋洗能显著降低了基质的EC值，有机基质作为育苗基质在使用过程中，特别是夏季每天都需浇水，客观上起到了淋洗的作用，降低了有机基质的EC值。前人研究表明，利用柠檬修剪树枝（Garcia-Gomez et al.，2002）、松树皮（Sánchez-Monedero et al.，2004）、酿酒废弃物（Bustamante et al.，2008）和蘑菇渣（Medina et al.，2009）等工农业废弃物作为有机基质应用时，应混配比例不少于 25%的草炭，用于蔬菜、观赏植物的育苗和栽培才是安全的。李谦盛（2003）认为苇末混配 25%的蛭石适合用于番茄和甜椒育苗，但同时指出，蛭石的添加量以不超过 30%为宜，因为基质混配时易碎，添加比例过高将减少通气孔隙，不利气体交换，影响作物根系生长发育（李谦盛 等，2003）。本研究结果表明，混配基质中醋糟复合基质的含量低于 75%时，辣椒幼苗的株高、叶面积以及生物量均大于对照，并随着蛭石含量的增加，株高、单株叶面积和生物量亦逐步升高，说明在添加不少于 25%的草炭的同时，添加保水性能良好的蛭石，有助于辣椒幼苗的生长。

References

Abad M，Noguera P，Burés S. 2001. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production：A case study in Spain. Bioresource Technology，77 (2)：197－200.

Abad M, Noguera P，Puchades R，Maquieira A，Noguera V. 2002. Physico-chemical properties of some coconut coir dusts for use as a peat substitute for containerised ornamental plants. Bioresource Technology，82 (3)：241－245.

Bao Shi-dan. 1981. Analysis of the agricultural and chemical properties of soil. Beijing：China Agriculture Press：263－274. (in Chinese)
鲍士旦．1981．土壤农化分析．北京：中国农业出版社：263－274．

Baran A，Çaycı G，Kütük C，Hartmann R. 2001. Composted grape marc as growing medium for hypostases（*Hypostases phyllostagya*）. Bioresource Technology，78 (1)：103－106.

Bustamante M A，Paredes C, Moral R，Agulló E，Pérez-Murcia M D，Abad M. 2008. Composts from distillery wastes as peat substitutes for transplant production. Resources，Conservation and Recycling，52 (5)：792－799.

Cheng Fei，Sun Zhao-hui，Zhao Yu-guo，Li Shi-jun. 2001. Analysis of physical and chemical properties of reed residue substrate. Journal of Nanjing Agricultural University，24 (3)：19－22. (in Chinese)

程 斐，孙朝晖，赵玉国，李式军．2001．芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析．南京农业大学学报，24 (3)：19－22．

GaoXin-hao，Zhang Zhi-bin，Guo Shi-rong. 2006. Analysis of physical and chemical properties of straw substrates utilizing of corn and wheat straw. Journal of Nanjing Agricultural University，29 (4)：131－134. (in Chinese)

高新昊，张志斌，郭世荣．2006．玉米与小麦秸秆无土栽培基质的理化性状分析．南京农业大学学报，29 (4)：131－134．

Garcia-Gomez A，Bernal M P，Roig A. 2002. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes. Bioresource Technology，83 (1)：81－87.

Guo Shi-rong. 2003. Soilless culture. Beijing：China Agriculture Press：423－424. (in Chinese)

郭世荣．2003．无土栽培学．北京：中国农业出版社：423－424．

Ji Xiu-mei，Sun Zhi-qiang. 2001. Physico-chemical quality of fermented sawdust substrates and the effect on growth of pepper seedling. Journal of Henan Agricultural University，35 (1)：66－69. (in Chinese)

籍秀梅，孙治强．2001．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．河南农业大学学报，35 (1)：66－69．

Li Ping-ping，Hu Yong-guang，ZhaoYu-guo，Chen Yong，Li Guo-quan. 2007. Analysis and application of physical and chemical properties of vinegar residue substrate adjusted by different substances. Journal of Anhui Agricultural Science，35 (11)：3146－3147. (in Chinese)

李萍萍，胡永光，赵玉国，陈 勇，李国权．2007．不同物质调节醋糟基质理化性状分析及其应用效果．安徽农业科学，35 (11)：3146－3147．

Li Qian-sheng. 2003. The study on application basics of reed residue substrate and discussion on the quality standard of horticultural substrate [Ph. D. Dissertation]. Nanjing：Nanjing Agricultural University：90－94. (in Chinese)

李谦盛．2003．芦苇末基质的应用基础研究及园艺基质质量标准的探讨［博士论文］．南京：南京农业大学：90－94．

Li Qian-sheng，Pei Xiao-bao，Guo Shi-rong，Li Shi-jun. 2003. Effect of mixing on the physical properties of reed residue substrate. Journal of Nanjing Agricultural University，26 (3)：23－26. (in Chinese)

李谦盛，裴晓宝，郭世荣，李式军．2003．复配对芦苇末基质物理性状的影响．南京农业大学学报，26 (3)：23－26．

Lourdes H，Antonio M G，José M G，Francisca G. 2005. Reuse of waste materials as growing media for ornamental plants. Bioresource Technology，96 (1)：125－131.

Marianthi T. 2006. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings. Bioresource Technology，97 (14)：1631－1639.

Medina E，Paredes C，Pérez-Murcia M D，Bustamante M A，Moral R. 2009. Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. Bioresource Technology，100 (18)：4227－4232.

Ostos J C，López-Garrido R，Murillo J M，López R. 2008. Substitution of peat for municipal solid waste- and sewage sludge-based composts in nursery growing media：Effects on growth and nutrition of the native shrub *Pistacia lentiscus* L. Bioresource Technology，99 (6)：1793－1800.

Sánchez-Monedero M A，Roig A，Cegarra J，Bernal M P，Noguera P，Abad M，Antón A. 2004. Composts as media constituents for vegetable transplant production. Compost Science & Utilization，12 (2)：161－168.

Shen Zhi-yuan. 2007. On eight major technological process peculiarities in brewage of traditional Zhenjiang Vinegar. China Condiment,（12）：18－20, 27. (in Chinese)

沈志远．2007．论传统镇江香醋的八大工艺特色．中国调味品，（12）：18－20，27．

Shi Lian-hui，Zhang Zhi-guo，Liu Deng-min，Li Wen-qing，Jia Wen，Bao Ren-lei. 2008. Comparison of physiochemical properties between spent mushroom compost and peat substrate and adjustment. Transactions of the CSAE，24（4）：199－203. (in Chinese)

时连辉，张志国，刘登民，李文清，贾 文，鲍仁蕾．2008．菇渣和泥炭基质理化特性比较及其调节．农业工程学报，24 (4)：199－203．

Sun Xiang-li，Zhang Qi-xiang. 2008. Application of mixed substrates on soilless culture of *Euphorbia pulcherrma*. Acta Horticulturae Sinica，35（12）：1831－1836. (in Chinese)

孙向丽，张启翔．2008．混配基质在一品红无土栽培中的应用．园艺学报，35（12）：1831－1836．

Sun Zhi-qiang，Zhao Yong-ying，Ni Xiang-juan. 2003. Effect of fermented peanut shells substrates on tomato seedling. Acta Agriculturae Boreali-Sinica，18（4）：86－90. (in Chinese)

孙治强，赵永英，倪相娟．2003．花生壳发酵基质对番茄幼苗质量的影响．华北农学报，18(4)：86－90．

Wang Fu-hua. 1992. Studies on determining cation exchange capacity with $BACl_2$－$MgSO_4$ method. Journal of Huazhong Agricultural University，11（4）：353－357. (in Chinese)

王富华．1992．应用$BaCl_2$－$MgSO_4$法测定土壤阳离子代换量的研究．华中农业大学学报，11（4）：353－357．