

doi:10.6041/j.issn.1000-1298.2015.03.028

稻草、玉米芯调理牛粪堆肥成型育苗基质试验^{*}

曹红亮 杨龙元 袁巧霞 黄长青
(华中农业大学工学院, 武汉 430070)

摘要:以稻草和玉米芯为调理料,分别与主体原料牛粪按质量比1:4混合堆沤腐熟后获得牛粪稻草基质和牛粪玉米芯基质,以这2种基质为原料进行压缩成型试验,探讨了土壤添加量、原料含水率、成型压力以及成型温度等操作因素对基质块成型品质的影响及作用规律。结果表明:牛粪稻草和牛粪玉米芯2种基质块的抗破碎能力基本持平,其中牛粪稻草基质块的容重较大,吸水性和保水能力更强;添加土壤对2种基质块的抗破碎能力均有一定的提高,但不添加土壤2基质块也具有良好的抗破碎能力,能满足育苗过程对其机械强度的要求;适宜的原料含水率、成型压力和成型温度范围为10%~15%、10~15 kN和80~120℃。

关键词:牛粪 堆肥 成型 育苗基质

中图分类号: S216; X71 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-1298(2015)03-0197-06

Experimental Research of Seedling Substrate Compressed of Cattle Manures

Cao Hongliang Yang Longyuan Yuan Qiaoxia Huang Changqing
(College of Engineering, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

Abstract: Straw and corn cob, taken as additional materials, were added into cattle manure to obtain mixture substrates of straw-cattle manure and corn cob-cattle manure, respectively. The mass percent for the main material of cattle manure was all set at 80% for two kinds of mixtures. And then the mixtures were aerobic composted to generate raw materials for compressing molding experiments. During the experiments, adding content of soil, moisture content of raw matters, and operating pressure and temperature were addressed. Experimental results indicated that adding soil into the mixture substrates could slightly increase the mechanical strength of the mixtures; the mechanical strength of the mixtures without adding soil was also very well, which was capable for planting operations. Moreover, regarding to the effect of the additional materials on the quality of the compressed substrates, the mechanical strengths for the two kinds of additional materials were almost equal. The density of the compressed substrate added straws was larger than that of the substrate added corn cobs, but the ability of absorbing and keeping water of the former was better than that of the latter. The suitable operating ranges for the moisture content of raw matters, and the pressure and temperature should be maintained at 10%~15%, 10~15 kN and 80~120℃, respectively.

Key words: Cattle manure Composting Compressed Seeding substrate

引言

随着我国肉牛、奶牛养殖业规模的逐年增大,牛粪废弃物对环境的污染日趋严重,牛粪无毒化、资源

化处理势在必行^[1-4]。牛粪堆肥处理是一条有效的解决途径,不仅可以无毒化处理牛粪,还可获得优质的农业有机肥^[5-6]。近年来牛粪堆肥处理受到了国内外学者的高度关注,从工艺设计、参数优化到菌剂

收稿日期: 2014-07-16 修回日期: 2014-09-13
^{*} 公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303091)
作者简介: 曹红亮,讲师,博士,主要从事农业生物环境与能源工程研究,E-mail: hongliangcao@mail.hzau.edu.cn
通讯作者: 袁巧霞,教授,博士生导师,主要从事农业生物环境与能源工程研究,E-mail: qxyuan@mail.hzau.edu.cn

接种等方面做了大量工作^[7-13],并将腐熟后的牛粪基质成功推广应用到蔬菜、瓜果、林木等农林作物的幼苗培育中^[14-17]。然而,目前牛粪基质还主要以散体基质的形式用于穴盘育苗^[15,18-20]。穴盘育苗过程中,废弃的塑料穴盘不仅造成资源浪费、环境污染,穴盘育苗本身还存在工序复杂、透气性较差、移栽脱壳易伤根、缓苗期较长等不足^[21-23]。如果将牛粪基质压缩成型,生产出具有一定机械强度的基质块直接用于育苗,则不仅可省去塑料穴盘、减少污染,同时还能将基质块与幼苗一体化移栽,不伤根、不伤苗、无缓苗期^[24-25]。

采用成型基质块育苗时,一方面要求基质块在机械强度上满足栽培与搬运的要求,另一方面其透气性、吸水性以及保水能力等特性还要满足幼苗的正常生长需求,这就与基质成型时原料含水率、土壤添加量以及成型压力、成型温度等操作条件密切相关,这4个因素对基质块成型品质有何影响以及作用规律如何都有待深入研究。本文以常见的稻草和玉米芯为调理料,分别与牛粪混合堆肥后获得牛粪稻草和牛粪玉米芯基质,然后以这2种基质为原料进行压缩成型试验,探讨以上4因素对基质块成型品质的影响及作用规律,为牛粪基质成型的育苗应用与推广提供参考。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

试验使用的主体原料牛粪取自湖北省武汉市江夏区东征畜牧养殖有限公司,含水率为81.03%;调理料稻草和玉米芯取自华中农业大学试验田,经晾干干预处理后粉碎至粒度小于5 mm,其含水率分别为15.60%和11.18%。为了使原料含水率在65%~70%以利于牛粪好氧腐熟,调理料稻草和玉米芯与牛粪按1:4的质量比进行均匀混合。所得混料含水率分别为67.94%和67.06%。堆沤腐熟后的牛粪稻草基质与牛粪玉米芯基质的电导率(EC值)分别为2.4 mS/cm和2.3 mS/cm,pH值分别为8.52和8.53,基本满足基质育苗要求^[19,26]。

1.2 试验设备

基质压缩成型的试验设备如图1所示,主要由自行研制的成型模具、液压万能试验机、成型温度自动控制装置3部分组成。

(1) 成型模具。成型模具主要由底座、套筒和顶杆3部分组成。底座是脱模机构,便于成型基质块的脱模,同时底座上有一个小凸台,用于形成基质块的育种小孔。套筒是基质成型的行程腔,固定在底座之上,其内壁经过抛光处理,以减小脱模时基质

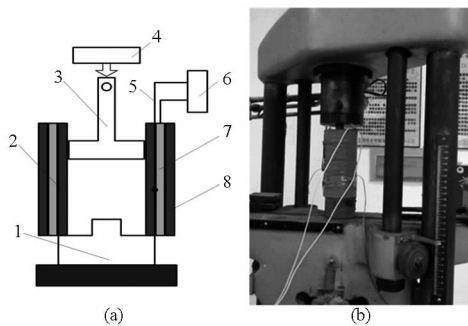


图1 试验设备

Fig. 1 Experiment equipments

(a) 结构简图 (b) 实物图

1. 底座 2. 套筒 3. 顶杆 4. 液压万能试验机 5. 热电偶
6. 温度控制器 7. 硅胶加热带 8. 保温层

块与内壁间的摩擦。顶杆是压缩成型过程中的一个导向与传力机构,在外动力作用下从套筒顶部由上至下均匀稳定地加载在基质之上,将散体基质压缩成型。

(2) 液压万能试验机。本试验所用液压万能试验机型号为WE-100B,加载在顶杆上给基质成型提供外动力。

(3) 成型温度自动控制装置。自动温控装置用于控制成型温度,主要包括温度控制器、热电偶以及硅胶加热带。硅胶加热带紧密包裹在套筒外表面,并覆盖一层保温层,热电偶固定在套筒外壁上实时检测成型温度,温度控制器则根据热电偶检测的温度自动控制成型温度在设定值。

1.3 试验方法

将待成型的散体基质装入套筒内,打开自动温控装置,当温度达到指定成型温度时启动液压万能试验机开始加压,并保压5 min。冷却脱模后,将成型基质块放入干燥箱内进行干燥,图2即为压缩成型的基质块。

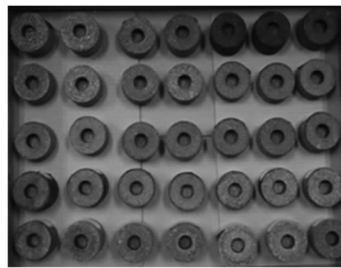


图2 成型基质块样品

Fig. 2 Samples of compressed substrate

为了全面评估成型基质块的机械强度、吸水性以及保水能力,本研究从基质块育苗实际需求出发,参考文献[27-29],重点考察如下试验指标:

(1) 破碎率。破碎率能够反映成型基质块的机械强度以及承受抗破碎的能力。将预先称量过的成

型基质块从 40 cm 高度自由落体摔落到水泥地面上,重复 5 次,再称量,摔落后基质块损失的质量与原质量的百分比则定义为跌碎率。

(2) 容重。容重定义为成型基质块干燥后其质量(g)与体积(cm^3)之比。基质块的容重越大,其机械强度越高,耐久性越好,抗破碎能力越强,但其孔隙度、通透性变差,从而抑制水、肥、热、气的输运,不利于幼苗的生长发育。

(3) 饱和含水率。饱和含水率是基质中全部孔隙被水分占据时所保持水分的最大容量比,是表征基质块吸水能力的重要指标,本研究采用环刀法来测定基质块的饱和含水率^[30],其含水率用质量分数表示。

(4) 相对含水率。在基质栽培中,基质保水能力差,将会导致水分深层渗漏,除影响作物对水分的吸收外,还会造成基质营养的流失。为此,在室温下将饱和含水基质块放置于空气中,让其水分自然蒸发,每隔 12h 对其称量,然后以饱和含水率为初始含水率(质量分数)计算出相对含水率来评估基质块的保水能力。

2 结果与讨论

2.1 土壤添加量对基质成型质量的影响

当原料含水率、成型温度、成型压力分别为 20%、120℃ 和 15 kN 时,不同土壤添加量(质量分数)下成型基质块的跌碎率、容重以及饱和含水率等特性参数如表 1 所示。试验结果表明,牛粪稻草和牛粪玉米芯基质块的跌碎率都接近于零,2 类基质块均具有极好的机械强度和抗破碎能力。从变化趋势来看,随着土壤添加量的增加,基质块的跌碎率随之减小,容重则随之增加,饱和含水率相应地降低,可见在牛粪基质中添加土壤有助于提升基质块

的抗破碎能力,但基质块的容重增加和饱和含水率降低则不利于幼苗的生长发育;从影响大小来看,土壤添加量的多少对基质块的容重和饱和含水率的影响要远大于对跌碎率的影响,所以在实际育苗应用时,可以重点考虑幼苗生长发育对容重和饱和含水率的需求来配比土壤的添加量。

图 3 显示添加土壤前后以及不同土壤添加量 2 种基质块相对含水率随时间的变化情况。显然,在牛粪稻草基质块中添加土壤后,基质块相对含水率的下降速度明显加快,且经历 108 h 后相对含水率降至 30% 左右,而不加土壤的基质块相对含水率还可维持在近 50%。可见,添加土壤对牛粪稻草基质块的保水能力不利,但这种不利程度随土壤添加量的增加而变化不大。对牛粪玉米芯基质块而言,添加土壤前后以及不同土壤添加量其相对含水率的变化趋势基本一致。其原因可能是因为牛粪玉米芯基质与土壤具有近似的保水特性,以至混合前后基质块的相对含水率基本不变。

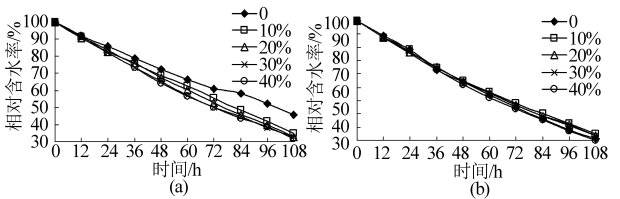


图 3 不同土壤添加量下基质块相对含水率的变化特性
Fig. 3 Dynamics of relative moisture content of compressed substrate with different soil contents
(a) 牛粪稻草基质 (b) 牛粪玉米芯基质

对比稻草与玉米芯 2 种调理料作用下基质块的成型品质来看,牛粪稻草基质块与牛粪玉米芯基质块的抗跌碎能力基本持平,而前者容重大于后者,即牛粪玉米芯基质块更有利于幼苗根系生长,但牛粪稻草基质块的吸水性,尤其是保水能力要优于牛粪玉米芯基质,如经历 108 h 自然蒸发后,牛粪稻草基质块的相对含水率在 30% ~ 50%,而牛粪玉米芯基质块仅在 10% ~ 20%。

2.2 成型压力对基质成型质量的影响

当原料含水率、成型温度、土壤添加量分别为 20%、120℃ 和 20% 时,不同成型压力下成型基质块的跌碎率、容重以及饱和含水率等特性参数如表 2 所示。当成型压力为 5 kN 时,牛粪稻草基质块和牛粪玉米芯基质块的跌碎率相对较大,分别为 13.45% 和 7.43%,但将成型压力增至 10 kN 以上后,2 种基质块的跌碎率均维持在 0.5% 以内,所以为了确保基质块良好的抗破碎能力,成型压力一般需设定在 10 kN 以上。从变化趋势上看,随着成型压力的增大,基质块的跌碎率相应减小,但其减小程

表 1 不同土壤添加量下成型基质块特性参数 Tab.1 Characteristic parameters of compressed substrate with different soil contents				
原料	土壤添加量/%	跌碎率/%	容重/($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	饱和含水率/%
牛粪稻草基质	0	0.51	0.846	75.07
	10	0.39	0.954	76.51
	20	0.40	1.049	66.21
	30	0.40	1.138	64.74
	40	0.23	1.185	59.44
牛粪玉米芯基质	0	0.31	0.814	70.37
	10	0.16	0.938	70.10
	20	0.15	0.982	60.20
	30	0.16	0.996	59.64
	40	0.14	1.125	55.56

度在成型压力大于 10 kN 后变化不显著;随着成型压力增大,基质块被压制得更紧实,相应容重逐渐增大,饱和含水率逐渐降低,基质块的吸水能力变差。同理,基质块的保水能力亦随成型压力的增大而变差(图 4)。经历 108 h 自然蒸发后,牛粪稻草基质块和牛粪玉米芯基质块的相对含水率分别在 35% ~ 55% 和 15% ~ 35% 之间。综合评估基质块的破碎率、容重、饱和含水率以及相对含水率,合适的成型压力应维持在 10 ~ 15 kN。

表 2 不同成型压力下成型基质块特性参数

Tab.2 Characteristic parameters of compressed substrate with different pressures				
原料	成型 压力/kN	破碎 率/%	容重 /(g·cm ⁻³)	饱和含 水率/%
牛粪稻草基质	5	13.45	0.884	84.61
	10	0.39	1.047	76.76
	15	0.27	1.115	73.21
	20	0.26	1.165	69.58
	25	0.13	1.258	63.43
牛粪玉米芯基质	5	7.43	0.801	77.54
	10	0.44	0.984	70.72
	15	0.33	0.989	68.20
	20	0.29	0.998	62.59
	25	0.17	1.011	60.47

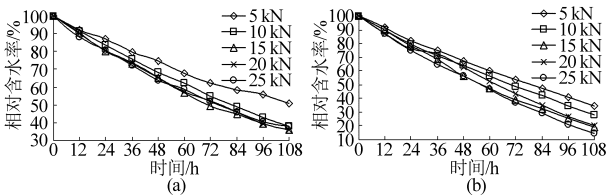


图 4 不同成型压力下基质块相对含水率的变化特性

Fig.4 Dynamics of relative moisture content of compressed substrate with different pressures

(a) 牛粪稻草基质 (b) 牛粪玉米芯基质

2.3 成型温度对基质成型质量的影响

当原料含水率、成型压力、土壤添加量分别为 20%、15 kN 和 20% 时,不同成型温度下成型基质块的破碎率、容重以及饱和含水率等特性参数如表 3 所示。当温度从 80℃ 增至 160℃ 过程中,基质块的破碎率逐渐减小,容重逐渐增大,饱和含水率逐渐递减。导致以上递变规律的原因可能有:牛粪腐熟料中含有一定量的木质素,随着温度的升高,木质素的糊化作用越强,使其成为一种粘结剂而增强原料的粘结效果;在成型温度下原料中所含水分被蒸发为水蒸气,而水蒸气对基质成型具有一定的粘结作用,从而促进了基质的成型效果并强化了基质块的紧实程度。随着成型温度的升高,水蒸气浓度越高,这种促进与强化作用越强,进而导致基质块的破碎

率逐渐减小,容重逐渐增大以及饱和含水率相应递减。在保水能力方面(图 5),不同成型温度的区别较为明显,特别是牛粪稻草基质块,108 h 自然蒸发后相对含水率的变化区间在 20% ~ 50%,而牛粪玉米芯基质块的相对含水率在 10% ~ 35% 之间。整体而言,成型温度有利于提高基质块的机械强度和抗破碎能力,但要减小基质块的容重、提升吸水 and 保水能力,需尽可能地将温度控制在较低温度点,因此合适的成型温度应控制在 80 ~ 120℃。

表 3 不同成型温度下成型基质块特性参数

Tab.3 Characteristic parameters of compressed substrate with different temperatures				
原料	成型 温度/℃	破碎 率/%	容重 /(g·cm ⁻³)	饱和含 水率/%
牛粪稻草基质	80	1.74	0.984	95.68
	100	1.64	0.979	87.67
	120	1.10	0.967	77.61
	140	0.21	1.010	66.21
	160	0.33	1.034	64.50
牛粪玉米芯基质	80	0.87	0.850	89.04
	100	0.29	0.910	74.29
	120	0.30	0.881	64.07
	140	0.28	0.878	60.20
	160	0.14	0.956	56.71

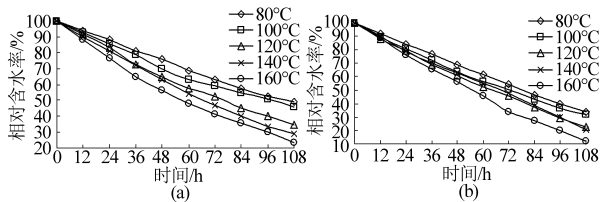


图 5 不同成型温度下基质块相对含水率的变化特性

Fig.5 Dynamics of relative moisture content of compressed substrate with different temperatures

(a) 牛粪稻草基质 (b) 牛粪玉米芯基质

2.4 原料含水率对基质成型质量的影响

当成型压力、成型温度、土壤添加量分别为 15 kN、120℃ 和 20% 时,不同原料含水率下成型基质块的破碎率、容重以及饱和含水率等特性参数如表 4 所示;牛粪稻草基质块和牛粪玉米芯基质块的相对含水率随时间的变化情况如图 6 所示。从试验结果来看,随着原料含水率的递增,成型基质块的破碎率、容重、饱和含水率以及相对含水率呈现与成型温度递增时类似的变化规律,其主要原因亦可能是因为随着原料含水率的增加,基质成型过程中水蒸气的浓度增加所致。综合权衡基质块的破碎率、容重、饱和含水率以及相对含水率,原料含水率一般宜维持在 10% ~ 15%。

表 4 不同原料含水率下成型基质块特性参数				
Tab.4 Characteristic parameters of compressed substrate with different moisture contents				
原料	原料含水率/%	破碎率/%	容重/(g·cm ⁻³)	饱和含水率/%
牛粪稻草基质	10	1.81	0.958	70.35
	15	0.13	0.981	68.51
	20	0.14	0.951	66.21
	25	0.15	1.040	63.74
	30	0.15	1.092	59.44
牛粪玉米芯基质	10	2.64	0.769	68.37
	15	0.68	0.795	66.10
	20	0.14	0.816	64.20
	25	0.27	0.869	59.64
	30	0.68	0.895	55.56

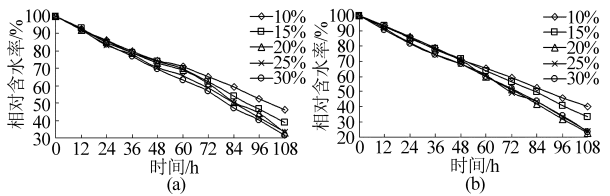


图 6 不同原料初始含水率下基质块相对含水率的变化特性
Fig.6 Dynamics of relative moisture content of compressed substrate with different moisture contents
(a) 牛粪稻草基质 (b) 牛粪玉米芯基质

3 结论

(1) 牛粪稻草基质块和牛粪玉米芯基质块在不添加土壤的情况下均具有良好的机械强度和抗破碎能力,添加土壤则能进一步提高基质块的抗破碎能力;在实际育苗应用中,土壤添加与否以及添加量的多少主要从幼苗生长发育与基质块的容重、饱和含水率、相对含水率以及 pH 值和 EC 值等理化参数的关系来考虑。

(2) 从成型压力、成型温度以及原料含水率对基质成型质量的影响趋势来看,适宜的操作范围分别为 10 ~ 15 kN,80 ~ 120℃ 和 10% ~ 15%,但最终最优的工艺参数还需结合后一步育苗试验进行综合评价确定。

(3) 从牛粪基质所添加调理料的种类来看,添加稻草后基质块的容重较大,但吸水性和保水能力较强,添加玉米芯后基质块的容重较小,但吸水性和保水能力相对较弱;两种调理料作用下基质块的抗破碎能力基本持平。

参 考 文 献

1 陈鹏举,向忠菊. 畜禽粪便资源化处理技术在农业污染防治中的应用[J]. 家畜生态学报, 2010, 31(2): 106 – 108.
Chen Pengju, Xiang Zhongju. The comprehensive utilization technology of livestock and poultry feces resource in the prevention of the agricultural environment pollution[J]. Acta Ecologiae Animalis Domastici, 2010, 31(2): 106 – 108. (in Chinese)

2 李文哲,徐名汉,李晶宇. 畜禽养殖废弃物资源化利用技术发展分析[J]. 农业机械学报, 2013, 44(5): 135 – 142.
Li Wenzhe, Xu Minghan, Li Jingyu. Prospect of resource utilization of animal faeces wastes[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(5): 135 – 142. (in Chinese)

3 王亮,刘克锋,孙向阳,等. 牛粪好氧发酵规模化生产参数优化[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 115 – 121.
Wang Liang, Liu Kefeng, Sun Xiangyang, et al. Parameter optimization for large-scale production of cattle manure aerobic fermentation[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(1): 115 – 121. (in Chinese)

4 金淮,常志州,朱述钧. 畜禽粪便中人畜共患病原菌传播的公众健康风险[J]. 江苏农业科学, 2005(3): 103 – 105.

5 王顺利,刘克锋,李荣旗,等. 木质纤维素分解复合菌剂强化牛粪堆肥工艺[J]. 农业机械学报, 2014, 45(4): 201 – 207.
Wang Shunli, Liu Kefeng, Li Rongqi, et al. Enhanced technology of cattle manure compost by microbial inoculum with high lignocellulose degradation ability[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2014, 45(4): 201 – 207. (in Chinese)

6 袁巧霞,田纯焱,陈钢,等. 调理料对猪粪好氧堆肥特性的影响试验[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 108 – 114.
Yuan Qiaoxia, Tian Chunyan, Chen Gang, et al. Effects of different materials addition on the aerobic composting[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2012, 43(1): 108 – 114. (in Chinese)

7 Zhao H Y, Li J, Liu J J, et al. Microbial community dynamics during biogas slurry and cow manure compost[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2013, 12(6): 1087 – 1097.

8 Purnomo A, Koyama F, Moria T, et al. DDT degradation potential of cattle manure compost[J]. Chemosphere, 2010, 80(6): 619 – 624.

9 王岩,李玉红,李清飞. 添加微生物菌剂对牛粪高温堆肥腐熟的影响[J]. 农业工程学报, 2006, 22(14): 220 – 223.
Wang Yan, Li Yuhong, Li Qingfei. Effect of inoculating microbes on cattle manure composting with high temperature [J]. Transactions of the CSAE, 2006, 22(14): 220 – 223. (in Chinese)

10 Takeshi Y, Keisuke M, Hideyo U, et al. Composting cattle dung wastes by using a hyperthermophilic pre-treatment process: characterization by physicochemical and molecular biological analysis[J]. Journal of Bioscience and Bioengineering, 2007, 104(5): 408 – 415.

11 Umetsu K, Yamazaki S, Kishimoto T, et al. Anaerobic co-digestion of dairy manure and sugar beets[J]. International Congress

Series, 2006, 1293: 307 – 310.

12 Miyatakea F, Iwabuchib K. Effect of compost temperature on oxygen uptake rate, specific growth rate and enzymatic activity of microorganisms in dairy cattle manure[J]. Bioresource Technology, 2006, 97(7): 961 – 965.

13 曹慧玲, 王琦, 胡青平, 等. 添加复合菌剂好氧发酵牛粪生产生物有机肥料得工艺优化[J]. 农业工程学报, 2009, 25(1): 189 – 193.

Cao Huiling, Wang Qi, Hu Qingping, et al. Optimized technology for aerobic fermentation of dairy manure to produce bioorganic fertilizer by inoculating compound microbes[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(1): 189 – 193. (in Chinese)

14 赵智明, 李建明, 王静静, 等. 有机基质配比对草莓幼苗生长的影响[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 118 – 122.

Zhao Zhiming, Li Jianming, Wang Jingjing, et al. Effect of the different media on growth of strawberry[J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(3): 118 – 122. (in Chinese)

15 刘保国, 王少先. 低成本番茄穴盘育苗基质的筛选[J]. 陕西农业科学, 2006(4): 34 – 35.

16 冯锡鸿, 赵金华. 育苗基质中腐熟牛粪用量对番茄、甜瓜幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2009, 25(8): 230 – 232.

Feng Xihong, Zhao Jinhua. Effects of the amount of cow manure compost on the seedling growth of tomato and melon[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2009, 25(8): 230 – 232. (in Chinese)

17 闫英. 牛粪有机复合基质的选配及使用效果试验[J]. 北方园艺, 2009(5): 95 – 96.

Yan Ying. Development and evaluation of compound organic substrate produced by cattle manure[J]. Northern Horticulture, 2009(5): 95 – 96. (in Chinese)

18 张润花, 段增强. 不同配比菇渣和牛粪基质的性状及其对幼苗生长的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(25): 15297 – 15300.

Zhang Runhua, Duan Zengqiang. The study on compound substrate properties with spent mushroom compost and cattle manure compost and effects on the growth of seedlings[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(25): 15297 – 15300. (in Chinese)

19 巩芳娥, 张国斌, 李雯琳, 等. 不同配比基质对黄瓜穴盘幼苗生长的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2011, 10(5): 59 – 64.

Gong Fange, Zhang Guobin, Li Wenlin, et al. Effects of different substrates formulas on cucumber seedling growth[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2011, 10(5): 59 – 64. (in Chinese)

20 王少先, 高文, 林晓民, 等. 黄瓜穴盘育苗三合一基质的筛选[J]. 河南农业科学, 2004(3): 39 – 40.

Wang Shaoxian, Gao Wen, Lin Xiaomin, et al. Selection of triad media for plug seedlings of cucumber[J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2004(3): 39 – 40. (in Chinese)

21 白银, 潘凯, 石林. 穴盘基质育苗技术的应用及发展趋势[J]. 北方园艺, 2008(9): 60 – 62.

Bai Yin, Pan Kai, Shi Lin. The utilization and trend of the technique of plug seedling with basic material[J]. Northern Horticulture, 2008(9): 60 – 62. (in Chinese)

22 杨应祥. 蔬菜简易穴盘育苗存在的问题与对策[J]. 西北园艺, 2010(3): 4 – 5.

23 金彤, 高丽红. 不同育苗方式对番茄幼苗质量的影响[J]. 上海交通大学学报, 2008, 26(5): 491 – 496.

Jin Tong, Gao Lihong. Effects of the different seedling culture modes on tomato seedling quality[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University, 2008, 26(5): 491 – 496. (in Chinese)

24 胡君辉, 葛政元, 田海丹, 等. 压缩型基质营养钵在嫁接西瓜育苗上的应用效果[J]. 浙江农业科学, 2009(1): 61 – 62.

25 张庆. 压缩型基质营养钵西瓜育苗技术研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2010.

26 NY 525—2012 有机肥料[S]. 2012.

27 王君玲, 高玉芝, 尹维达. 秸秆类型对秸秆育苗钵成型质量的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 41(3): 357 – 359.

Wang Junling, Gao Yuzhi, Yin Weida. Experimental study on extrusion moulding quality of nursing container made from different kinds of straw[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2010, 41(3): 357 – 359. (in Chinese)

28 白晓虎, 李芳, 张祖立, 等. 粘结剂对秸秆育苗钵成型质量影响的试验研究[J]. 农机化研究, 2008(2): 225 – 227.

Bai Xiaohu, Li Fang, Zhang Zuli, et al. Review of research on the corp straw-extruded seedling container[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(2): 225 – 227. (in Chinese)

29 白晓虎, 李芳, 张祖立, 等. 秸秆挤压成型育苗钵的试验研究[J]. 农机化研究, 2008(2): 136 – 138.

Bai Xiaohu, Li Fang, Zhang Zuli, et al. Experimental study on seedling pot extruded by straw[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2008(2): 136 – 138. (in Chinese)

30 NY/T 2118—2012 蔬菜育苗基质[S]. 2012.