

腐熟小麦秸秆复合育苗基质对辣椒穴盘育苗的影响

任兰天^{1,2}, 刘庆², 唐飞², 梅艳艳², 宋长刚², 张从军²

(1. 安徽科技学院农学院, 安徽凤阳 233100; 2. 安徽莱姆佳生物科技股份有限公司/农业部生物有机肥创制重点实验室, 安徽蚌埠 233000)

摘要 [目的]探索小麦秸秆资源化利用效果。[方法]将腐熟的小麦秸秆、珍珠岩和蛭石按不同比例混配成小麦秸秆育苗基质,研究其在辣椒穴盘育苗上的效果。[结果]将60%~90%的小麦秸秆和珍珠岩、蛭石进行复配,基质的容重、总孔隙度、持水孔隙度、电导率及pH均满足基质行业要求。70%小麦秸秆+15%蛭石+15%珍珠岩处理容重为0.227 g/cm³,总孔隙度为93.7%,显著优于其他处理,壮苗指数为0.132,根冠比为0.493,叶绿素含量为2.85 mg/g,效果显著优于商业基质,根系活力分别较纯秸秆和对照高28.87%和4.16%。[结论]70%小麦秸秆复合育苗基质更适合于辣椒幼苗生长发育,育苗可以达到壮苗标准,其可作为辣椒育苗基质使用。

关键词 小麦秸秆;育苗基质;辣椒;苗期

中图分类号 S641.3 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)23-0037-03

Effect of Fermented Wheat Straw Matrix on Growth of Pepper Seedling

REN Lan-tian^{1,2}, LIU Qing², TANG Fei² et al (1. College of Agronomy, Anhui Science and Technology University, Fengyang, Anhui 233100; 2. Anhui Laimujia Biological Technology Co., Ltd./Key Laboratory of Bio-organic Fertilizer Creation, Ministry of Agriculture, Bengbu, Anhui 233000)

Abstract [Objective] To explore the effect of resourceful utilization of wheat straw. [Method] To study the effects of the wheat straw matrix which was composed by different proportions of decayed wheat straw, perlite and vermiculite on pepper plug seedling. [Result] With the complex of 60%~90% wheat straw, perlite and vermiculite, the matrix density, total porosity, water-holding porosity, conductivity and pH satisfied the requirements of the matrix industry. Bulk density and total porosity of 70% wheat straw + 15% vermiculite + 15% perlite were 0.227 g/cm³ and 93.7%, the treatment was significantly better than other treatments. Under the treatment, the strong seedling index was 0.132, the root-canopy ratio was 0.493, the chlorophyll content was 2.85 mg/g, which were significantly higher than the commercial substrate. The root vigor was 28.87% and 4.16% higher than pure straw and control, respectively. [Conclusion] 70% wheat straw seedling substrate is more suitable for the growth and development of pepper seedlings, nursery seedlings can meet the standard, which can be used as pepper seedling substrate.

Key words Wheat straw; Nursery substrate; Pepper; Seedling stage

穴盘育苗由于种苗质量高、生产效率高、操作简单,可一次性成苗,迎合工厂化和规模化生产的需求,已经成为目前常用的育苗方式之一,该类育苗基质多采用草炭、蛭石、珍珠岩等混合配制而成^[1-2]。随着草炭等育苗资源需求量的不断加大,草炭等资源的开采严重破坏了生态环境^[3-4],甚至一些国家已经开始限制草炭的开采,进而引起草炭价格不断上涨^[5-6]。寻找可再生、来源广泛、价格低廉且便于规模化生产的草炭替代物一直是该领域的研究热点之一。研究表明,醋糟、稻壳、椰糠、菇渣、秸秆等均可通过微生物发酵处理后用于基质育苗并且有较好的育苗效果^[7-12]。

我国是秸秆产出大国,每年产出秸秆7亿多t,占全球秸秆产出量的20%~30%,其中,小麦、水稻、玉米、大豆、薯类等粮食作物秸秆约5.8亿t^[13]。但目前我国的秸秆利用效率依然较低,每年产出的大部分秸秆被弃置农田或肆意焚烧,造成严重的资源浪费与环境污染^[14]。因此,如何对作物秸秆进行有效的资源化利用是我国发展生态农业与可持续农业的关键。辣椒穴盘育苗是安徽省蔬菜工厂化育苗的一个典型代表,该试验以腐熟的小麦秸秆、珍珠岩和蛭石为主要原料,按不同比例进行混配,研究小麦秸秆基质对辣椒幼苗生长质量的影响,旨在为小麦秸秆基质应用于辣椒工厂化育苗提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 供试材料 供试辣椒品种为“杭椒一号”,由杭州李芳蔬菜种苗有限公司生产;草炭由淮安鸿扬农业科技发展有限公司生产;珍珠岩由信阳市中森珍珠岩应用有限公司生产;蛭石由灵寿县瑞达矿业有限公司生产;72穴育苗盘由兰溪市恒琨塑料制品厂生产,规格为660 mm×340 mm×50 mm;小麦秸秆由怀远县古城镇水海村农户提供;尿素由山东鲁西化工集团有限责任公司生产,含氮46%;微生物菌剂由安徽飞天农用生物科技有限公司生产(CFU≥10⁸/g,纤维素酶≥30 U/g,淀粉酶≥10 U/g)。

1.2 试验方法 该试验于2016年9—11月在安徽莱姆佳生物科技股份有限公司智能温室中进行。小麦秸秆自然风干后粉碎至5~7 cm,堆成8 m×3 m×2 m的条垛状,将秸秆堆体水分控制在55%~60%,添加尿素调节C/N至30:1,添加微生物菌剂后混合均匀进行高温好氧堆腐,堆腐过程中通过机械翻堆补充氧气,腐熟完全后粉碎备用。该试验设5组处理,将小麦秸秆与珍珠岩、蛭石按一定比例进行混配,并以不加秸秆的草炭为主要原料的育苗基质作为CK,详细配比见表1。试验前首先选取籽粒饱满、整齐的种子,浸种、催芽后进行播种。播种后连续统计15 d出苗率,育苗盘采用72孔穴盘,每穴播2粒种子,定苗1棵,每盘重复3次,随机区组排列。整个试验阶段,各处理不增施肥料,仅浇清水。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 基质理化性状。

1.3.1.1 容重、孔隙度。取风干后的基质加满体积为

基金项目 安徽省科技重大专项“农作物秸秆快速堆腐肥料化及还田综合利用技术集成研究与应用”(15czz0312)。

作者简介 任兰天(1981—),男,山东郓城人,副教授,博士(后),从事有机废弃物资源化利用研究。

收稿日期 2017-06-14

300 mL(8 cm×6 cm)的铝盒(重 40 g),称重(W_1);然后浸泡水中 24 h,称重(W_2);烧杯中的水分自由沥干后再称重(W_3)。按下式计算:容重(g/cm^3) = ($W_1 - 40$)/300;总孔隙度(%) = ($W_2 - W_1$)/300 × 100%;通气孔隙度(%) = ($W_2 - W_3$)/300 × 100%;持水孔隙度(%) = 总孔隙度 - 通气孔隙度。

表 1 小麦秸秆育苗基质配比(V/V)
Table 1 The ratio of wheat straw matrix %

处理 Treatment	秸秆 Straw	草炭 Turf	蛭石 Vermiculite	珍珠岩 Perlite
A ₁	100	0	0	0
A ₂	90	0	5	5
A ₃	80	0	10	10
A ₄	70	0	15	15
A ₅	60	0	20	20
CK	—	60	20	20

1.3.1.2 EC、pH。按四分法取一定量的基质,以去离子水饱和和浸提,减压抽滤得到澄清饱和液,浸提液用便携式电导仪(DDBJ-350)测定 EC,pH 计(Sartorius,PB-10)测定 pH。

1.3.2 幼苗生长指标。待幼苗生长 60 d 后,从每个处理中随机抽取 12 株进行测定。首先用直尺测定辣椒幼苗株高(根基部到最上部茎生长点的距离),游标卡尺测定茎粗并记录叶片数,电子天平测定植株地上部分和地下部分鲜重。然后将植株装入信封袋,在 105 °C 下杀青 15 min,75 °C 烘干至恒重,称量地上部分和地下部分干重,计算全株干重。根冠比 = 根部干重/地上部分干重;壮苗指数 = (茎粗/株高 + 根干质量/地上部干质量) × 全株干质量。采用乙醇、丙酮、水混合液浸提法测叶绿素含量^[15],根系活力采用 TTC 法

测定^[16]。

1.4 数据处理 数据采用 Microsoft Excel 和 DPS 7.05 进行处理和统计分析。

2 结果与分析

2.1 小麦秸秆混配基质理化性状分析 郭世荣^[17]、周静等^[18]研究认为育苗基质的容重一般在 0.1 ~ 0.8 g/cm^3 ,总孔隙度应在 54% ~ 96% 较为理想。由表 2 可知,5 组处理及 CK 组的容重均满足育苗基质行业标准,符合上述育苗基质的理论适用范围,在添加蛭石、珍珠岩后 A₁ ~ A₅ 组容重呈下降趋势,除 A₂ 与 A₃ 两组差异不显著外,其他各组间均存在显著差异。通常认为总孔隙度偏高影响根系对水肥的固定,不利于作物生长,各处理组的总孔隙度在 92.7% ~ 95.6%,均满足郭世荣等^[17]提出的总孔隙度理论范围,其中添加蛭石和珍珠岩后总孔隙度显著降低。辣椒能正常生长的通气孔隙度为 15% ~ 20%,各处理组(除 A₁ 组)及对照组均在此范围。A₁ ~ A₅ 组的持水孔隙度呈现下降趋势并有显著差异。理论认为 EC 过高不利于种子萌发与生长,甚至会损伤根和根毛以及灼伤叶片,试验中 5 组处理及对照组 EC 大小顺序为 A₁ > CK > A₂ > A₃ > A₄ > A₅,均在植物生长适宜的 EC 范围。一般认为适宜植物生长的 pH 在 5.5 ~ 6.5,各处理组的 pH 均呈偏弱碱性,表现为 CK > A₁ > A₂ > A₃ > A₄ > A₅。总的来说,随着秸秆量的减少,基质的容重、总孔隙度、持水孔隙度、EC 及 pH 均呈下降趋势,而通气孔隙度呈上升趋势。EC 反映了基质含盐浓度,可溶性盐含量(EC)过高,可能会形成反渗透压,将根系中的水分置换出来,使根尖变褐或者干枯。

表 2 小麦秸秆混配基质理化性状

Table 2 Physical and chemical properties of wheat straw mixture matrix

处理 Treatment	容重 Bulk density g/cm^3	总孔隙度 Total porosity %	通气孔隙度 Aeration porosity %	持水孔隙度 Water-holding porosity//%	EC mS/cm	pH
A ₁	0.352 a	95.6 a	10.2 f	94.4 a	0.467 a	7.86 b
A ₂	0.232 b	95.1 b	16.8 e	80.8 c	0.258 c	7.63 c
A ₃	0.231 b	94.7 c	17.3 d	79.6 d	0.249 d	7.60 d
A ₄	0.227 c	93.7 d	18.6 c	77.5 e	0.247 d	7.57 e
A ₅	0.219 d	92.7 f	18.7 b	76.0 f	0.243 d	7.53 f
CK	0.179 e	93.3 e	19.5 a	82.8 b	0.349 b	8.05 a

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

2.2 小麦秸秆混配基质对辣椒出苗的影响 由图 1 可知,各处理组及对照组的辣椒在播种后第 6 ~ 8 天开始出苗,其中 A₅ 与 A₃ 组在第 6 天开始出苗,A₁ 组在第 8 天开始出苗,其他组均在播种的第 7 天开始出苗;在整个出苗过程中 A₄ 组与其他组有显著差异并且出苗数一直保持各组中的最高位,而其他各组与 A₁ 组比较均存在显著差异,可见腐熟后的麦秸在不添加珍珠岩、蛭石等原料的情况下不利于辣椒种子的萌发。

由图 2 可知,在播种后的第 15 天 A₄ 组的出苗率基本达 100%,显著高于其他各组,而 A₁ 组出苗率不到 70%。各组出苗率大小顺序依次为 A₄ > A₅ > A₃ > CK > A₂ > A₁。在出

苗率方面,A₃、A₄、A₅ 组均大于市售育苗基质 CK,而 A₂ 组与 CK 基本持平。

2.3 小麦秸秆混配基质对辣椒幼苗生长的影响 由表 3 可知,随着秸秆添加量的减少辣椒长势呈现逐渐上升的趋势。A₄ 组的株高和根冠比较 CK 高 9.93% 和 11.04%,在地上部鲜质量及壮苗指数等方面,A₄ 组均显著优于其他处理。株高表现为 A₄ > A₅ > A₃ > CK > A₂ > A₁,A₁ 与 A₂ 组株高较矮,与其他各组呈现显著差异,而 A₁ 与 A₂ 及 A₃ 与 A₅ 间无显著差异。茎粗方面 A₄ 与 A₅ 组差异较小,但 A₄ 组与 CK 有显著差异,而 A₃、A₅、CK 间无显著差异。根冠比各组表现为 A₄ > CK > A₅ > A₃ > A₂ > A₁,各组均有显著差异,且随着秸秆配比

的减少而增大。A₁~A₅组在地下/上鲜质量和地下/上干质量方面总的趋势是随着秸秆配比的减少而先增加后减少,且部分组间有显著差异。壮苗指数在A₃、A₅、CK间及A₁、A₂组间无显著差异。

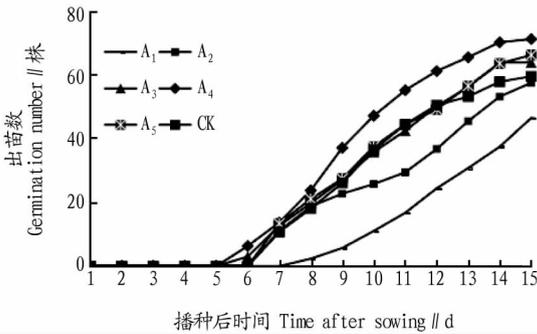


图1 小麦秸秆混配基质中辣椒出苗情况

Fig. 1 Germination situation of pepper seedling under different wheat straw mixture matrix

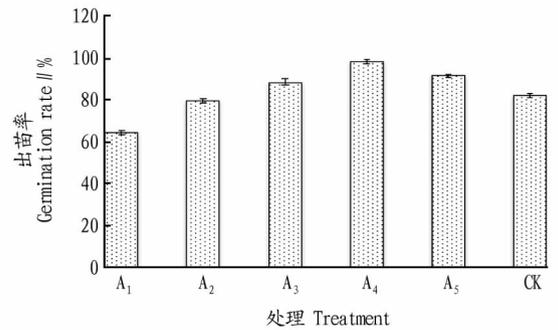


图2 小麦秸秆混配基质中辣椒出苗率(播种后第15天)

Fig. 2 Germination rate of pepper seedling under different wheat straw mixture matrix (the fifth days after sowing)

2.4 小麦秸秆混配基质对辣椒幼苗叶绿素含量及根系活力的影响 叶绿素是最重要的光合色素,是叶绿体内光能传递转化的主要物质,作物通过叶绿素进行光合作用合成碳水化合物,叶绿素含量高低在一定程度上反映着植物光合作用的

表3 小麦秸秆混配基质对辣椒幼苗农艺性状的影响

Table 3 The influence of different wheat straw mixture matrix on agronomic traits of pepper seedling

处理 Treatment	株高 Plant height cm	茎粗 Stem diameter cm	鲜质量 Fresh weight//g		干质量 Dry weight//g		根冠比 Root- canopy ratio	壮苗指数 Strong seedling index
			地上部 Above- round part	地下部 Undergr- round part	地上部 Above- round part	地下部 Underground part		
A ₁	13.17 d	0.200 d	1.900 c	0.661 d	0.152 b	0.038 c	0.247 f	0.050 c
A ₂	13.25 d	0.188 c	1.703 d	0.588 e	0.143 c	0.040 c	0.281 e	0.054 c
A ₃	16.83 bc	0.230 b	1.928 b	0.843 b	0.179 a	0.069 b	0.386 d	0.099 b
A ₄	18.15 a	0.240 a	1.950 a	0.858 a	0.174 a	0.086 a	0.493 a	0.132 a
A ₅	17.10 b	0.233 ab	1.934 b	0.859 a	0.174 a	0.073 ab	0.416 c	0.106 b
CK	16.51 c	0.224 b	1.705 d	0.830 c	0.158 b	0.070 b	0.444 b	0.104 b

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

潜力并直接影响着作物能量的积累。试验中对辣椒叶片中叶绿素进行测定,结果如表4所示,A₄组的叶绿素总量与其他各组相比均存在显著差异,叶绿素总量顺序为A₄ > A₅ > A₃ > A₂ > A₁。另一方面,根系活力是根系吸收水肥活跃程度的重要指标,其可在一定程度上反映植物的生长能力,A₄根系活力最大,达1.25 mg/(g·h),分别比CK和A₁组高4.16%和28.87%,与其他各组均呈现显著差异。这说明小麦秸秆腐熟后在没有草炭添加的情况下依旧适于辣椒幼苗生长。

表4 小麦秸秆混配基质对辣椒幼苗生理指标的影响

Table 4 The influence of different wheat straw mixture matrix on physiological indexes of pepper seedling

处理 Treat- ment	叶绿素 a Chlorophyll a mg/g	叶绿素 b Chlorophyll b mg/g	叶绿素总量 Total chlorophyll mg/g	根系活力 Root activity mg/(g·h)
A ₁	1.46 e	0.46 f	1.92 e	0.97 f
A ₂	1.62 d	0.51 e	2.13 d	1.05 e
A ₃	1.75 c	0.55 d	2.30 c	1.12 d
A ₄	2.13 a	0.72 a	2.85 a	1.25 a
A ₅	1.96 b	0.63 b	2.59 b	1.17 c
CK	2.01 b	0.61 c	2.63 b	1.20 b

注:同列数据后小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$)

Note: Different small letters within the same column mean significant differences ($P < 0.05$)

3 讨论与结论

当前,我国作物秸秆资源化利用率过低,每年大量的秸秆作为废弃物被烧掉,既污染环境又浪费资源。将麦秸进行堆腐处理后作为育苗基质进行蔬菜育苗,不仅可有效降低环境污染、减少草炭开发对环境的破坏,同时也可作为蔬菜育苗提供可再生、廉价的育苗基质。

该试验利用堆腐完全的小麦秸秆复配珍珠岩与蛭石进行辣椒育苗,试验目的在于最大化利用小麦秸秆资源并替代草炭,通过试验数据统计分析,结果表明A₄组配比下辣椒苗期的株高、茎粗、地上/下部质量、根冠比、壮苗指数、叶绿素、根系活力等方面均最为突出,与其他各处理组均存在显著差异,这也表明小麦秸秆在完全腐熟后是可以取代草炭进行辣椒育苗的。试验表明,和商业基质比例一样的60%腐熟小麦秸秆+20%珍珠岩+20%蛭石表现不如70%腐熟小麦秸秆+15%珍珠岩+15%蛭石,究其原因可能是腐熟的小麦秸秆和草炭在孔隙度、pH、电导率等方面还存在较大差异。虽然该研究表明腐熟的小麦秸秆可以替代草炭进行育苗,但是该试验中的育苗基质只是散装基质,今后应进一步改进秸秆基质的制备方法,以达到更好的育苗效果。

的设计与设施、生产过程和品质管理这三大系统的认识。对常见缺陷的具体项目,企业可以在日常生产质量管理中重点关注。对存在的缺陷继续分析,找出缺陷出现的深层次原因,点面结合,举一反三,从预防控制风险的角度,主动及时发现质量管控中的风险点。

5.3 安徽省保健食品生产企业许可检查总体通过率逐年上升 主要原因一是通过一轮规范检查,安徽省保健食品生产企业质量管理意识有了一定程度的提高,质量管理水平得到一定的加强。二是通过统一严格规范检查,淘汰了一部分质量管理意识不强的企业,个别不规范的企业多次申报失败后,端正了态度,把精力投入到质量管理中去,使得企业质量管理水平得到了明显的提升。三是 2015 年底安徽省对原有保健食品检查员队伍做了较大扩充,这些新检查员对条款的理解和认识有一个学习和提高的过程,部分经验丰富的组长因各种原因未能经常出来检查,检查深度需要继续不断加强。

6 结语

自 20 世纪 80 年代以来,保健食品作为食品市场上一个新的食品族群,向更高水平持续发展^[5]。发展保健食品行业对安徽省经济及和谐社会建设有重要意义。针对前面分析的问题,笔者提出以下建议:一是保健食品生产企业需不断强化对新法规的学习,不断提升质量管理意识,加强生产质

量管理。二是借鉴国外经验,减少审批程序,提高工作效率^[6],继续保持保健食品许可检查,严格检查标准,规范检查行为,统一检查尺度的要求,将那些企图蒙混过关的企业挡在许可大门之外。三是保健食品生产许可审查细则新增了书面审查,同时规定了书面审查人员参与现场检查,要充分利用这一变化,将书面审查发现的可能存在的问题,在现场检查中重点关注,提升现场检查的针对性。四是继续加强检查员的培训、考核与管理,中心对检查员现场检查情况进行评分,及时反馈检查组所提交的检查材料中存在的问题,鼓励检查员将现场检查中发现的疑问和问题及时与中心沟通,通过不断的交流与沟通提升检查员检查水平与能力,从而不断提升现场检查效果。

参考文献

- [1] 耿莉萍. 当前我国保健食品市场存在的问题与监管对策[J]. 食品科学技术学报, 2013, 31(3): 7-12.
- [2] 国家食品药品监督管理局. 中华人民共和国食品安全法[M]. 北京: 国家食品药品监督管理局, 2015.
- [3] 包大跃, 李泰然, 林升清, 等. 保健食品良好生产规范: GB 17405-1998[S]. 北京: 中国标准出版社, 1998.
- [4] 徐娇, 张卫民, 黄颢. 保健食品良好生产规范审查方法和评价准则的解析[J]. 中国卫生监督杂志, 2003, 10(4): 214-218.
- [5] 林升清. 我国保健食品的进展及存在问题的探讨[C]//中华预防医学会第二届学术年会暨全球华人公共卫生协会论文集. 廊坊: [出版者不详], 2006.
- [6] 喻丹. 保健食品业政府监管问题研究[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [7] 寿伟松, 梁晓东, 戴丹丽, 等. 有机基质培中番茄基质配方的研究[J]. 浙江农业学报, 2006, 18(4): 253-255.
- [8] 程立巧, 傅庆林, 金怡, 等. 不同基质对番茄根际微生物、酶活性及幼苗生长的影响[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(6): 973-978.
- [9] ZALLER J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties [J]. Scientia horticulturae, 2007, 112(2): 191-199.
- [10] GRIGATTI M, GIORGIONI M E, CIAVATTA C. Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants [J]. Bioresource technology, 2007, 98(18): 3526-3534.
- [11] MEDINA E, PAREDES C, PÉREZ-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.
- [12] OSTOS J C, LÓPEZ-GARRIDO R, MURILLO J M, et al. 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. [J]. Bioresource technology, 2008, 99(6): 1793-1800.
- [13] 王勤礼, 许耀照, 王佩堂, 等. 以有机废弃物为主的辣椒无土育苗基质配方研究[J]. 土壤通报, 2012, 43(1): 182-185.
- [14] 刘超杰, 郭世荣, 王长义, 等. 混配醋糟复合基质对辣椒幼苗生长的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(4): 559-566.
- [15] 柴小媛. 利用农业废弃物作为育苗基质及其性质改良[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2015.
- [16] CABALLERO R, PAJUELO P, ORDOVÁS J, et al. Evaluation and correction of nutrient availability to *Gerbera jamesonii* H. Bolus in various compost-based growing media [J]. Scientia horticulturae, 2009, 122(2): 244-250.
- [17] BENITO M, MASAGUER A, DE ANTONIO R, et al. Use of pruning waste compost as a component in soilless growing media [J]. Bioresource technology, 2005, 96(5): 597-603.
- [18] MARIANTHI T. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) core and rice hulls as components of container media for growing *Pinus halepensis* M. seedlings [J]. Bioresource technology, 2006, 97(14): 1631-1639.
- [19] 刘瑞伟. 我国农作物秸秆利用现状及对策[J]. 农业与科技, 2009, 29(1): 7-9.
- [20] 彭春艳, 罗怀良, 孔静. 中国作物秸秆资源量估算与利用状况研究进展[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(3): 14-20.
- [21] 马宗琪, 崔静, 王秀, 等. 树木叶片叶绿素含量三种测定方法的比较[J]. 林业科技, 2016, 41(5): 42-45.
- [22] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [23] 郭世荣. 固体栽培基质研究、开发现状及发展趋势[J]. 农业工程学报, 2005, 21(22): 1-4.
- [24] 周静, 史向远, 王保平, 等. 几种有机物料与市售草炭基理化性状比较分析[J]. 北方园艺, 2016(5): 186-190.

(上接第 39 页)

参考文献