

园林废弃物堆肥和牛粪有机肥用于金盏菊育苗的研究

郝 丹,张 璐*,孙向阳,龚小强

(北京林业大学 林学院,北京 100083)

摘 要:在添加珍珠岩和蛭石体积比(各占育苗基质 10%)不变的条件下,以泥炭作金盏菊育苗基质主要材料为对照(T0),将园林废弃物堆肥和牛粪有机肥用于金盏菊育苗,并且按照 V(园林废弃物堆肥):V(牛粪有机肥)=4:0(T1)、3:1(T2)、2:2(T3)、1:3(T4)和 0:4(T5)配制育苗基质,以期筛选出适合金盏菊的新型育苗基质,达到减少或完全替代泥炭的目的,增加园林废弃物堆肥在花卉无土栽培领域中的应用。采用室内实验指标测定和温室育苗试验相结合的方式,通过对 6 种育苗基质的容重、总孔隙度、持水孔隙、通气孔隙、pH 值、电导率(EC 值)、全 N、速效 P 和速效 K 等 9 个指标的测定与分析,探讨了不同育苗基质理化性质的差异及其对金盏菊出苗的影响。通过为期 15 d 的金盏菊育苗试验,得出不同处理育苗基质对金盏菊出苗率的促进作用由大到小依次为 T1>T3>T2>T4>T5>T0。园林废弃物堆肥和牛粪有机肥可替代泥炭可作为金盏菊的育苗基质,其中 T1 处理(10%珍珠岩+10%蛭石+80%园林废弃物堆肥)最有利于金盏菊的出苗,出苗率可达 81.7%;其次是 T3 处理(10%珍珠岩+10%蛭石+40%园林废弃物堆肥+40%牛粪有机肥)的出苗率达 73.3%。

关键词:金盏菊;园林废弃物堆肥;牛粪有机肥;育苗基质;出苗率

中图分类号:S723.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2019)04-0150-06

Effects of Green Waste Compost and Cow Manure Organic Fertilizer on the Emergence Rate of *Calendula officinalis*

HAO Dan,ZHANG Lu*,SUN Xiang-yang,GONG Xiao-qiang

(College of Forestry,Beijing Forestry University,Beijing 100083,China)

Abstract:In order to screen out a new nursery substrate for the seedling breeding of *Calendula officinalis*, to reduce or completely replace peat,and to increase the application of green waste compost in the field of soilless cultivation,in this study,peat (T0,with 10% perlite+10% vermiculite as a control),green waste compost and cow manure organic fertilizer were used as the main substrates. Under the condition of constant volume of perlite and vermiculite,the nursery substrate was prepared according to V (green waste compost):V (cow manure organic fertilizer)=4:0 (T1),3:1 (T2),2:2 (T3),1:3 (T4) and 0:4 (T5) for growing seedlings of *C. officinalis*. The study was carried out by indoor laboratory index determination and greenhouse seedling test. The differences of physical and chemical properties of different nursery substrates and their effects on seedling emergence were studied by measuring and analyzing the 9 indexes of six nursery substrates,such as bulk density,total porosity,water holding porosity,aeration porosity,pH value,electric conductivity,total nitrogen,available phosphorus and available potassium. The experiment lasted for 15 days. It was showed that the seedling emergence rate was promoted by different

收稿日期:2018-10-05 修回日期:2018-11-08

基金项目:中央高校基本科研业务费专项“林业植物废弃物资源化再利用多元技术及其产品应用的研究”(2018ZY28);国家自然科学基金“废弃物作为堆肥添加剂对林业剩余物双阶段堆肥控制机理的研究”(31700537)。

作者简介:郝 丹,女,硕士在读,研究方向:土壤学。E-mail:617201056@qq.com

*通信作者:张 璐,讲师,博士,研究方向:农林废弃物资源化再利用。E-mail:zhanglu1211@bjfu.edu.cn

nursery substrate in the order of $T1 > T3 > T2 > T4 > T5 > T0$, indicating that the green waste compost and cow manure organic fertilizer could replace peat as nursery substrate for the seedling breeding of *C. officinalis*. The study showed that $T1$ (10% perlite + 10% vermiculite + 80% green waste compost) was most suitable for the germination of *C. officinalis*, the seedling emergence rate was 81.7%; followed by $T3$ (10% perlite + 10% vermiculite + 40% green waste compost + 40% cow manure organic fertilizer), the seedling emergence rate was 73.3%.

Key words: *Calendula officinalis*; green waste compost; cow manure organic fertilizer; nursery substrate; emergence rate

金盏菊(*Calendula officinalis*)又名金盏花、太阳菊,为菊科草本花卉,原产于南欧加那列群岛至亚洲伊朗一带地中海沿岸,现在世界各地被广泛种植^[1-2]。金盏菊在我国各地特别是长江流域及以南各省常见,主要用于盆栽观赏、花坛建设和草坪或花境的镶边花卉,是我国重要的草本花卉之一^[3]。金盏菊主要采用播种繁殖育苗,其育苗的基质要求具备保水性好、保肥力强、透气性好、不易分解、能支撑种苗等特点,常以泥炭为主要育苗基质,与珍珠岩、蛭石等轻质材料混合使用^[4-5]。但是泥炭价格高昂作为育苗基质的成本较高,同时泥炭是一种不可再生资源,过度开采会造成泥炭资源的枯竭和湿地生态环境的严重破坏,与当今提倡的绿色环保理念相违背^[6]。因此,国内外不少学者将对环境友好的有机基质(如园林废弃物堆肥)作为新型育苗基质研发的热点,以期减少在花卉无土栽培中对泥炭的依赖。

园林废弃物堆肥是以园林绿化植物自然凋落或者人工修剪产生的植物残体为原料,或者添加一定配比的辅料,在适宜的条件下,经过一段时间微生物有氧发酵作用后,有机可腐物转化成有机营养物或者腐殖质得到的腐熟产品^[7-8]。堆肥产品经研究可作为泥炭替代基质进行花木栽培^[9]。龚小强^[8]等将鸟巢蕨栽培于组配改良剂(竹酢液+麦饭石)改良的园林废弃物堆肥中,对鸟巢蕨的生长发育产生积极影响;吉向平^[10]等利用园林废弃物堆肥和果园土配制育苗基质用于万寿菊育苗取得较好效果;张璐^[11]等将园林废弃物堆肥用于青苹果竹芋栽培与进口泥炭的栽培效果进行比较,表明园林废弃物堆肥能够全部或部分替代进口泥炭进行青苹果竹芋栽培,对青苹果竹芋生长具有明显的促进作用;潘林^[12]等研究也可表明园林废弃物堆肥可部分替代东北泥炭作为栓皮栎容器苗基质,其最佳比例配比为东北泥炭 55%、珍珠岩 20%、园林废弃物堆肥 25%。有机肥也是一种较理想的育苗基质。有机肥中含有丰富的营养物质且理化性质适宜,能为植物种子萌发提供良好的空间环境^[5]。同时研究表明,施用牛粪制成的有机肥可提高植物的出苗率,作为育苗基质有较

好的效果^[13-14]。目前,将园林废弃物堆肥和牛粪有机肥用于金盏菊育苗的研究尚未见报道。鉴于此,本文以园林废弃物堆肥和牛粪有机肥为主要基质原料替代进口泥炭,辅以一定体积蛭石和珍珠岩用作金盏菊育苗基质。通过室内实验指标测定和温室育苗试验,对基质的理化性质和金盏菊出苗率进行测定和分析,以期筛选出适合于金盏菊育苗的新型育苗基质,为金盏菊栽培提供优质种苗、减少无土栽培对泥炭的依赖性、增加园林废弃物资源化再利用的有效途径提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

花卉选择:金盏菊,原产于南欧、地中海沿岸一带,为菊科草本花卉,喜阳,适应性强,能耐零下 9℃ 低温,怕炎热天气^[3]。试验种子由北林科技股份有限公司提供。

基质选择:供试园林废弃物堆肥来源于北京市京圃园生物工程有限公司堆肥基地,采用好氧堆肥法堆置,其制作过程为:堆肥前调节堆体碳氮比(C/N)为 25,含水量为 60%~70%,并加入 5 mL · kg⁻¹ 自制菌剂(康氏木霉和白腐菌混合菌种);堆肥过程中,每 7 d 翻堆 1 次并定期洒水,使堆体含水量维持在 60%~70%;堆肥时间为 42 d 至各指标显示为腐熟。供试泥炭是丹麦进口的品氏泥炭,购于北林科技股份有限公司。供试牛粪有机肥、珍珠岩和蛭石均购于北林科技股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 本研究于 2016 年 9 月在北林科技股份有限公司温室大棚内进行,共设置 6 个基质处理,每个处理进行 5 次重复。试验设计方案见表 1。

1.2.2 育苗基质的制备 根据表 1,量取适宜体积的园林废弃物堆肥、牛粪有机肥、泥炭、珍珠岩和蛭石,倒入内尺寸 660 mm × 412 mm × 170 mm 的塑料方盘中,充分混合后,拌入质量比为 0.1% 的多菌灵杀菌消毒。将混合基质装入尺寸 180 mm × 160 mm 的塑料花盆中,同时采集育苗基质样品。

表 1 试验设计

Table 1 The experimental design table

基质名称	简称	不同育苗基质的原材料组成(体积比/%)				
		珍珠岩	蛭石	园林废弃物堆肥	牛粪有机肥	泥炭
试验组 1	T1	10	10	80	0	0
试验组 2	T2	10	10	60	20	0
试验组 3	T3	10	10	40	40	0
试验组 4	T4	10	10	20	60	0
试验组 5	T5	10	10	0	80	0
对照组	T0	10	10	0	0	80

1.2.3 播种和管理 育苗试验于 2016 年 9 月 15 日开始。将金盏菊种子均匀播种于各花盆中,每盆基质放置 12 粒金盏菊种子,每粒种子埋于基质表面下 0.5 cm 处,播种后将基质浇透。播种至幼苗发芽期间,每 2 d 浇 1 次水,使基质保持湿润,播种后 15 d 统计出苗数。除育苗基质外,其他环境条件与栽培管理措施均保持一致。

1.2.4 出苗率测定

出苗率/%=(15 d 内幼苗数/全部试验粒数)×100

1.2.5 育苗基质理化性质测定 育苗基质的样品采集在配制基质时进行。测定育苗基质的容重、总孔隙度、持水孔隙、通气孔隙、pH 值、电导率(EC 值)、全 N、速效 P 和速效 K 等 9 个指标。

育苗基质物理性质测定:容重、总孔隙度、持水孔隙和通气孔隙等 4 个物理性质指标采用环刀法进行测定^[15]:取风干基质加入 200 mL 环刀(W0)中,记录质量 W1,浸泡 24 h 后记录质量 W2,自然沥干 4 h 记录质量 W3,最后在 65℃ 下烘干至恒定质量,记录质量 W4。基质容重($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)=(W4-W0)/200,总孔隙度(%)=(W2-W4)/200×100%,通气孔隙(%)=(W2-W3)×100/200,持水孔隙(%)=总孔隙度-通气孔隙。每种基质 3 个重复。

表 2 育苗基质物理性质

Table 2 Physical properties of nursery substrate

处理	容重/ $(\text{g} \cdot \text{cm}^{-3})$	总孔隙度/%	持水孔隙/%	通气孔隙/%
T0	0.3125(0.0016)(a)	87.93(1.09)(f)	58.29(0.43)(f)	29.64(0.70)(e)
T1	0.3308(0.0009)(b)	82.65(0.76)(e)	56.02(0.62)(e)	26.63(1.09)(d)
T2	0.3572(0.0023)(c)	78.38(1.28)(d)	53.71(0.90)(d)	24.67(0.90)(c)
T3	0.3816(0.0010)(d)	74.26(1.40)(c)	50.56(0.74)(c)	23.70(0.73)(c)
T4	0.3793(0.0045)(d)	69.05(1.67)(b)	47.10(1.05)(b)	21.95(0.96)(b)
T5	0.4367(0.0031)(e)	60.12(1.15)(a)	42.03(0.39)(a)	18.09(0.88)(a)
最佳值	0.30~0.75 ^[19]	70~90 ^[20]	50~60 ^[20]	20~30 ^[20]

2.1.1 容重分析 添加园林废弃物堆肥和牛粪有机肥后,试验组(T1~T5 处理)育苗基质的容重与对照组(T0 处理)相比显著增加,同时随着添加园林

育苗基质化学性质测定:育苗基质的 pH 值、电导率(EC 值)、全 N、速效 P 和速效 K 等 5 个化学性质指标参考鲍士旦的方法进行测定^[16],每种指标重复 3 次。pH 值使用 pH400 防水型笔式 pH 计测定;电导率(EC 值)使用 EC400 防水型笔式电导率/TDS/盐度计来测定;全氮采用凯氏定氮法测定;速效 P 采用 $0.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1} \text{NaHCO}_3$ 法测定;速效 K 采用 NH_4OAc 浸提,火焰光度法测定。

1.2.6 数据处理、分析及图表绘制 采用 SPSS 16.0 以及 Microsoft Office Excel 2013 数据处理软件进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 育苗基质的物理性质

育苗基质的物理性质是鉴别基质(尤其是固体基质)适用性的重要指标之一。通过分析育苗基质的物理性质能够判断基质的通气透水性和保水保肥能力,同时也能判断基质对种子出苗率的影响^[2,17]。研究表明,通气透水性好,保水、保肥能力强的基质利于种子发芽^[18]。一般来说,优良育苗基质的容重为 $0.30 \sim 0.75 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,总孔隙度为 70%~90%,其中通气孔隙占 50%~60%,持水孔隙占 20%~30%^[19-20]。

废弃物堆肥比例的下降和添加牛粪有机肥比例的上升,育苗基质的容重显著增加,与前人研究结果一致^[9,21]。不同处理育苗基质容重表现为 T5>T3

$>T_4>T_2>T_1>T_0$, $T_0\sim T_5$ 处理基质容重范围在 $0.312\ 5\sim 0.436\ 7\ \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$, 均处于适宜容重范围内。

2.1.2 孔隙度分析 总孔隙度指的是在自然状态(无外力作用于基质)下, 基质中孔隙空间的总和, 即通气孔隙和持水孔隙的总和^[9]。 T_0 处理(80%泥炭+10 珍珠岩+10%蛭石)的总孔隙度最大, $T_1\sim T_5$ 处理的总孔隙度随着添加园林废弃物堆肥比例的下降和添加牛粪有机肥比例的上升, 表现为 $T_0>T_1>T_2>T_3>T_4>T_5$, 其中 $T_0\sim T_3$ 处理总孔隙度的范围为 $74.26\%\sim 87.93\%$, 达到一般优良育苗基质的总孔隙度理想范围 $70\%\sim 90\%$ ^[19]。不同处理育苗基质的持水孔隙和通气孔隙变化与总孔隙度变化基本一致, 表现均为 $T_0>T_1>T_2>T_3>T_4>T_5$, 其中 $T_0\sim T_3$ 处理持水孔隙范围为 $50.56\%\sim 58.29\%$, $T_0\sim T_4$ 处理通气孔隙范围为 $21.95\%\sim 29.64\%$, 在一般优良育苗基质持水孔隙 $50\%\sim$

60% 、通气孔隙 $20\%\sim 30\%$ 的理想范围内。 T_0 处理与 T_1 、 T_2 、 T_3 处理的总孔隙度、持水孔隙、通气孔隙表现优异, 有较好的透气保水能力; T_4 处理通气孔隙度在理想范围内, 但其持水孔隙低于理想范围; T_5 处理的孔隙度均低于理想范围。

综上可知, 以泥炭和园林废弃物堆肥为主要基质材料的处理在物理性质上有良好的表现, 能为种子萌发提供适宜的水气热条件。同时园林废弃物堆肥和牛粪有机肥的添加有利于适当提高育苗基质的容重, 增加基质固定植株的能力^[6]。但是, 当牛粪有机肥添加比例 $\geq 60\%$ 时, 育苗基质孔隙度表现较差, 可能不利于金盏菊种子的萌发。

2.2 育苗基质的化学性质

育苗基质的化学性质主要反映了基质供应养分的能力^[5]。经显著性差异分析(表 3), 不同处理育苗基质在 pH 值、EC 值、全氮、速效磷和速效钾的表现如表 3 所示。

表 3 育苗基质化学性质
Table 3 Chemical properties of nursery substrate

处理	pH	EC 值/($\text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$)	全 N/($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效 P/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效 K/($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
T_0	6.21(0.025)a	0.264(0.027)a	8.11(0.83)a	0.08(0.01)a	0.15(0.01)a
T_1	8.24(0.040)b	3.727(0.124)e	19.30(0.80)b	1 591.11(80.59)b	16 999.76(34.61)b
T_2	8.90(0.031)c	3.856(0.178)e	17.83(0.86)b	1 978.20(31.33)c	19 000.20(36.16)c
T_3	9.45(0.097)d	2.480(0.053)d	21.33(0.38)c	2 295.26(11.61)d	25 000.89(34.26)d
T_4	8.87(0.068)c	2.143(0.074)c	23.38(1.15)d	2 591.67(71.86)e	28 500.33(39.13)f
T_5	8.82(0.105)c	1.190(0.061)b	24.44(1.32)d	2 818.83(31.34)f	27 999.44(35.72)e
最佳值	5.2~6.5 ^[17]	≤ 0.5 ^[22]			

2.2.1 pH 值 基质的酸碱度影响基质中养分的有效性和形态, 常用 pH 值表示, 一般以 $5.2\sim 6.5$ 为宜, 但也与植物对酸碱度的要求有关^[20, 22-23]。由表 3 可知, 园林废弃物堆肥和牛粪有机肥作为育苗基质的主要基质材料会显著增加育苗基质的 pH 值, 不同处理 pH 值的具体表现为 $T_3>T_2>T_4>T_5>T_1>T_0$ 。其中 T_0 处理的 pH 值(6.21)在适宜 pH 值范围内, $T_1\sim T_5$ 处理 pH 值(范围为 $8.21\sim 9.45$)均超出理想范围。

2.2.2 电导率(EC 值) 电导率(EC 值)反映基质中可溶性盐的含量, 其直接影响幼苗生长状况^[23]。EC 值过低, 基质中矿物质营养不足, 很难维持幼苗生长; EC 值过高, 可能会造成盐害并抑制幼苗生长^[24]。M. Abad^[24] 指出理想基质的 EC 值 $\leq 0.5\ \text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。A. Garcia^[25] 等则认为理想基质的 EC 值范围应在 $0.75\sim 3.49\ \text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$ 。由表 3 可知, 园林废弃物堆肥和牛粪有机肥作为育苗基质的主要基质材料会显著增加育苗基质的 EC 值, 且随着园林废弃物堆肥的添加比例的升高育苗基质的 EC 值显

著增加。不同处理的 EC 值范围为 $0.264\sim 3.856\ \text{ms}\cdot\text{cm}^{-1}$, 具体表现为 $T_2>T_1>T_3>T_4>T_5>T_0$ 。因此, 除了 T_1 、 T_2 处理外, 其余处理育苗基质的 EC 值均在理想范围内。但是, T_0 处理的育苗基质 EC 值可能过低, 不利于金盏菊种子萌发。

2.2.3 养分含量 由表 3 可知, 园林废弃物堆肥和牛粪有机肥作为育苗基质的主要基质材料还会显著增加育苗基质的全 N、速效 P 和速效 K 含量。因此 T_0 处理的全 N、速效 P 和速效 K 含量显著低于 $T_1\sim T_5$ 处理。同时园林废弃物堆肥中养分含量可能低于牛粪有机肥, 因此随着添加园林废弃物堆肥比例的下降和添加牛粪有机肥比例的上升, 育苗基质的养分含量呈上升趋势。

综上可知, 园林废弃物堆肥和牛粪有机肥中碱性元素(如 Ca, Mg, K 等)和可溶性盐类高于泥炭, 导致 $T_1\sim T_5$ 处理的 pH 值和 EC 值较高^[9], 可能不利于种子萌发。但是金盏菊具有承受一定盐害的能力, 能生长在盐碱地环境中, 为耐盐性较强的观赏草本植物, 其种子能在一定盐胁迫的条件下发芽^[26]。

因此,T1~T5 处理对金盏菊种子萌发的影响需结合金盏菊出苗率的结果进行分析。同时,园林废弃物堆肥和牛粪有机肥配制的育苗基质中含有较高的养分,但是养分含量越高并不代表育苗基质越好,过高的养分含量可能会发生烧苗等现象,阻碍金盏菊种子萌发,只有结合金盏菊种子萌发的情况,才能确定最优的育苗基质配比。

2.3 金盏菊出苗率

出苗率是衡量栽培基质优劣的重要指标之一^[27]。适宜的育苗基质能为种子萌发提供良好的空间环境,不同基质的理化性质差异会影响其空间内温度、水分、空气、养分等条件的变化,从而对种子萌发生产生影响^[28]。由表 4 可知,金盏菊出苗率表现为 T1>T3>T2>T4>T5>T0。显著性分析结果可知,T0 处理与 T1 处理呈显著性差异,与 T2~T5 处理无显著性差异;T1~T5 处理间无显著性差异。与 T0 处理相比,T1~T5 处理对金盏菊出苗均有促进作用,其中 T1 处理对金盏菊出苗效果最好,出苗率达 81.7%,其次是 T3 处理,出苗率达 73.3%。

综上所述,园林废弃物堆肥和牛粪有机肥均能促进金盏菊种子萌发,提高金盏菊的出苗率,且高比例添加园林废弃物堆肥对金盏菊的出苗效果更好。对于 T1~T5 处理,高比例添加园林废弃物堆肥育苗基质的孔隙度达到理想育苗基质的范围,并且基质中含有足够的有效养分能供应金盏菊出苗,而且金盏菊具有一定的耐盐碱能力,可在 pH 约 8.2 且含盐量较高的土壤中出苗率达 80%^[26]。因此,T1~T5 处理中随着园林废弃物堆肥添加比例的上升,金盏菊的出苗率基本呈上升趋势。而 T0 处理基质物理性质好、pH 值适宜,但是 EC 值和养分含量低,基质中可利用的养分含量少,无法供应幼苗生长,因此 T0 处理的出苗率最低。所以,在保证育苗基质结构疏松、通气、保水的基础上,应适当保持基质的有效养分含量,才能有利于金盏菊种子萌发^[28]。

表 4 不同处理金盏菊的出苗率

Table 4 The emergence rate of *Calendula officinalis* with different treatments

处理	播种数	出苗率/%
T0	60	45.0(17.28)a
T1	60	81.7(13.70)b
T2	60	66.7(5.89)ab
T3	60	73.3(18.07)ab
T4	60	65.0(12.36)ab
T5	60	60.0(6.97)ab

3 结论

本研究在添加珍珠岩和蛭石体积比(各占育苗

基质 10%)不变的条件下,以泥炭作金盏菊育苗基质主要材料为对照(T0 处理),将园林废弃物堆肥和牛粪有机肥用于金盏菊育苗。共设计 6 种育苗基质,测定其容重、总孔隙度、持水孔隙、通气孔隙、pH 值、电导率(EC 值)、全 N、速效 P 和速效 K 等 9 个指标。同时,通过为期 15 d 的金盏菊育苗试验,测定不同基质处理金盏菊的出苗率。研究结果表明:1)园林废弃物堆肥和牛粪有机肥替代泥炭用作金盏菊育苗基质可显著增加育苗基质的容重,提高基质固定植株的能力。但是随着添加园林废弃物堆肥比例的下降和添加牛粪有机肥比例的上升,育苗基质的通气透水性显著下降,当牛粪有机肥添加比例≥60%时,育苗基质孔隙度表现较差,低于理想范围。2)采用园林废弃物堆肥和牛粪有机肥作为育苗基质能显著增加育苗基质的 pH 值、EC 值和养分含量。3)试验得出 6 种不同处理育苗基质金盏菊的出苗率由大到小依次为 T1>T3>T2>T4>T5>T0。可知,园林废弃物堆肥和牛粪有机肥均可全部替代泥炭用于金盏菊育苗,且 T1~T5 处理的金盏菊出苗率均高于 T0 处理,对金盏菊出苗有促进作用。其中 T1 处理(10%珍珠岩+10%蛭石+80%园林废弃物堆肥)的金盏菊出苗效果最好,金盏菊出苗率达 81.7%;其次是 T3 处理(10%珍珠岩+10%蛭石+40%园林废弃物堆肥+40%牛粪有机肥),出苗率达 73.3%。

参考文献:

[1] 朱亚菲,刘冰,李云瞻.金盏菊栽培技术[J].中国农业信息,2015(9):29-30.

[2] 田雪慧,田航军.金盏菊促成育苗技术[J].陕西农业科学,2009,55(4):218-218.

[3] 郑汉臣.金盏菊[J].林业与生态,2010(10):37.

[4] 田雪慧.金盏菊夏季工厂化穴盘育苗技术[J].科学种养,2008(7):21-22.

[5] 刘帅成,何洪城,曾琴.国内外育苗基质研究进展[J].北方园艺,2014(15):205-208.

LIU S C, HE H C, ZENG Q. Research progress of seedling substrates at home and abroad[J]. Northern Horticulture, 2014(15):205-208. (in Chinese)

[6] 李燕,孙向阳,龚小强,等.蚯蚓堆肥替代草炭作为甘蓝和西葫芦育苗基质研究[J].吉林农业大学学报,2015,37(5):549-554.

LI Y, SUN X Y, GONG X Q, et al. Substitution of Vermicompost for peat as *Brassica oleracea* L. and *Cucurbita pepo* L. seedling substrates[J]. Journal of Jilin Agricultural University, 2015, 37(5):549-554. (in Chinese)

[7] 刘佳.园林废弃物堆肥化研究及应用[D].天津:天津城市建设学院,2012.

[8] 龚小强,孙向阳,李燕,等.组配改良剂对园林废弃物堆肥基质

理化性质及鸟巢蕨生长影响[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(5): 126-132.

GONG X Q, SUN X Y, LI Y, *et al.* Effects of combined amendments on physicochemical properties of green waste compost substrates and growth of *Asplenium nidus* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(5): 126-132. (in Chinese)

[9] 张璐. 园林绿化废弃物堆肥化的过程控制及其产品改良与应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2015.

[10] 吉向平, 孙乐帆, 邓新兵, 等. 应用堆肥产品调配育苗基质的性状及花卉育苗试验[J]. 海南热带海洋学院学报, 2017, 24(2): 85-90.

JI X P, SUN L F, DENG X B, *et al.* Deployment of substrate properties via compost product and flower seedlings growing test[J]. Journal of Hainan Tropical Ocean University, 2017, 24(2): 85-90. (in Chinese)

[11] 张璐, 孙向阳, 田赞. 园林废弃物堆肥用于青苹果竹芋栽培研究[J]. 北京林业大学学报, 2011, 33(5): 109-114.

ZHANG L, SUN X Y, TIAN Y. Application of green waste compost for *Calathea rotundifolia* cv. Fasciata cultivation[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2011, 33(5): 109-114. (in Chinese)

[12] 潘林, 祝亚云, 蒋泽平, 等. 添加园林废弃物堆肥基质对栓皮栎容器苗生长的影响[J]. 江苏林业科技, 2018, 45(1): 28-31, 53.

PAN L, ZHU Y Y, JIANG Z P, *et al.* Effect of green waste compost substrate on containerized *Quercus variabilis* seedling growth[J]. Journal of Jiangsu Forestry Science & Technology, 2018, 45(1): 28-31, 53. (in Chinese)

[13] 滕树川. 提高丹参中药材出苗率的研究[J]. 种子, 2004, 23(7): 68-69.

[14] 郑守贵, 刘克荣, 郑世千, 等. 叶菜型甘薯鄂菜薯 1 号大棚越冬早春育苗试验研究[J]. 现代农业科技, 2014(18): 77-78, 81.

[15] 田赞. 园林废弃物堆肥化处理及其产品的应用研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.

[16] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 34-441.

[17] 李苏翼. 废弃物堆肥化基质性状调控及对无土草坪生长的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2016.

[18] 姚德生, 何彦峰. 狭叶冬青不同基质配比容器育苗试验研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(6): 156-160.

YAO D S, HE Y F. Seedlings growth of *Ilex fargesii* on different nursery container media[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(6): 156-160. (in Chinese)

[19] KLOCK K A, FITZPATRICK G E. Growth ofimpatiens ‘accent red’ in three compost products[J]. Compost Science & Utilization, 1997, 5(4): 26-30.

[20] ZHANG L, SUN X Y, TIAN Y, *et al.* Biochar and humic acid amendments improve the quality of composted green waste as a growth medium for the ornamental plant *Calathea insignis* [J]. Scientia Horticulture, 2014, 176: 70-78.

[21] 曹静, 朱传军, 周岚, 等. 牛粪和绿化废弃物堆肥替代泥炭作为栽培基质对刺槐生长的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(2): 100-104.

CAO J, ZHU C J, ZHOU L, *et al.* Effects of cow dung and green waste composts used as substitutes of peat matrix on growth of *Robinia pseudoacacia* seedlings [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2017, 46(2): 100-104. (in Chinese)

[22] 李婧, 郁继华, 顿建明, 等. 育苗基质中腐熟牛粪用量对辣椒穴盘苗质量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2012, 47(4): 38-42, 47.

LI J, YU J H, XIE J M, *et al.* Effects of decomposed cow dung content in seedling substrates on quality of pepper plug seedling[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2012, 47(4): 38-42, 47. (in Chinese)

[23] 尹程程. 番茄和甜椒集约化育苗基质适宜理化性状指标研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2015.

[24] ABAD M, NOGUERA P, SILVIA B. National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production; case study in Spain [J]. Bioresource Technology, 2001, 77(2): 197-200.

[25] GARCIA-GOMEZ A, BERNAL M P, ROIG A. Growth of ornamental plants in two composts prepared from agroindustrial wastes[J]. Bioresource Technology, 2002, 83(1): 81-87.

[26] 柴靖哲. 河北省盐碱地耐盐草本植物筛选与应用研究——以沧州黄骅为例[D]. 保定: 河北农业大学, 2015.

[27] 赵振宇. 不同配比基质对黄瓜穴盘育苗生长的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2017.

[28] 王书瑞, 关向军, 姚琴, 等. 北方地区辣木育苗基质对出苗率影响研究[J]. 黑龙江科学, 2017, 8(17): 1-3.

WANG S R, GUAN X J, YAO Q, *et al.* The influence of nursery substrate on seedling emergence rate of *M. oleifera* in the North of China[J]. Heilongjiang Science, 2017, 8(17): 1-3. (in Chinese)