

张丽娟,曲继松,颜秀娟.栽培基质对盆栽观赏辣椒生长发育的影响[J].江苏农业科学,2015,43(11):213-216.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.11.062

栽培基质对盆栽观赏辣椒生长发育的影响

张丽娟,曲继松,颜秀娟

(宁夏农林科学院种质资源研究所,宁夏银川 750002)

摘要:为了筛选适宜盆栽观赏辣椒的栽培基质,以 5 种不同基质为试验材料,设 5 个处理,对基质的物理化学性状、植株生长指标、光合指标、根系活力进行比较分析。结果表明,苦豆子基质的栽培效果最佳,其次是柠条基质,其他基质各有优缺点。

关键词:栽培基质;盆栽;观赏辣椒;物理性状;生长发育

中图分类号: S641.304 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)11-0213-04

随着社会发展的日新月异,休闲、体验、低碳、环保已成为当今的一种时尚,观赏蔬菜以其具有的新、奇、稀特点越来越赢得人们的青睐。研究和开发观赏蔬菜,可以将美化环境与食用绿色蔬菜很好地结合起来,不仅为观光农业及风景园林建设的发展增加了新的内容,还为美化居民生活增添了一道亮丽的风景,为人们的物质文化生活增添了新的色彩^[1-2],而且还带动了新兴的阳台园艺的发展。观赏辣椒是一种喜光又耐阴的一年生草本茄科植物,因其具有丰富的色彩、多变的形态、朝气蓬勃的特性而成为阳台园艺应用中的好材料。

固体基质盆栽是观赏蔬菜最基础的栽培模式,基质栽培是目前无土栽培的主要形式。栽培基质是为植物提供稳定协调的水、气、肥结构的生长介质^[3],它除了支持、稳定植株外,

更重要的是充当“中转站”的作用,使养分、水分得到中转,植株根系从中按需选择吸收,因此基质的选择是无土栽培成功的关键^[4]。固体基质栽培成功的关键是基质的理化性质要符合一定的作物生长要求,目前国内固体栽培基质中泥炭是较理想的材料,但价格过高。笔者所在项目组以西北地区特有的柠条、苦豆子、苦参经过粉碎、堆腐发酵制作成有机基质,经过试验取得较好的效果,现将这种基质与其他 2 种商品基质共同应用于盆栽观赏辣椒中,以期筛选出适宜观赏辣椒的最佳基质。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验材料:以盆栽五彩观赏辣椒为试验对象,五彩观赏辣椒属小果型,果实近圆形,朝天,直径 1 cm 左右,结果较多,有连续开花结果特性,果色随着成熟度不同而发生变化,幼果果皮浅绿色,随着成熟度增加变为浅黄色、浅紫色、橙黄色,老熟时变成鲜红色,因此在 1 株植株上可同时长有 5 种不同颜色

收稿日期:2014-11-26

基金项目:公益性行业(农业)科研专项(编号:201503137);宁夏农林科学院自主研发项目(编号:NKYJ-13-23)。

作者简介:张丽娟(1980—),女,辽宁喀左人,硕士,助理研究员,从事观赏蔬菜栽培生理研究。E-mail:juanzi800219@163.com。

始炼苗。

6.2.3 移栽及田间管理 待苗长到 5 cm 左右时可以移栽到大田或棚中栽培,以株行距为 15 cm×20 cm 进行定植。定植后及时灌溉,15 d 左右即可缓苗,立即进行摘心,促进侧芽的生长。

作蔬菜食用时,摘心促发棵后 20~30 d 即可收割,以后每 15~30 d 可收获 1 次。以提取牛至油为主时,现蕾到初花期为牛至精油的含量最高时期,此时是收割牛至的最佳时期,最好选择在晴朗的天气收割,留茬高度为 5~10 cm,以便收获下茬。南方地区不用做越冬保护,北方地区入冬前灌溉 1 次,并覆盖农作物秸秆或进行覆土保护,确保来年再次返青。

参考文献:

- [1] 刘月秀,张卫明,钱学射.紫苏属植物的研究与利用[J].中国野生植物资源,1996(3):25-28.
- [2] 林文群,刘剑秋,林文群,等.紫苏子化学成分初步研究[J].海峡药学,2002(4):26-28.
- [3] 刘洪旭,陈海滨,吴春敏.紫苏子的研究进展[J].海峡药学,

2004(4):5-8.

- [4] 张卫明,刘月秀,王红.紫苏子的化学成分研究[J].中国野生植物资源,1998(1):44-46.
- [5] 白凤梅,蔡同一.类黄酮生物活性及其机理的研究进展[J].食品科学,1999(8):11-13.
- [6] 朱雯琪,姚雷.甜牛至精油含量和成分的周年变化研究[J].上海交通大学学报:农业科学版,2010,28(5):453-456.
- [7] 孙学忠.胡椒薄荷及其栽培技术[J].中国野生植物,1990(1):38-41.
- [8] 龚千锋.中药炮制学[M].北京:中国中医药出版社,2003:131.
- [9] Bayramoglu B, Sahin S, Sumnu G. Solvent-free microwave extraction of essential oil from oregano[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 88(4):535-540.
- [10] 蔡杰,张文举.新型饲料添加剂——牛至油的研究进展[J].饲料博览,2013,24(2):38-42.
- [11] Botsoglou N A, Florou-Paneri P, Christaki E, et al. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil[J]. Archives of Animal Nutrition, 2004, 58(3):209-218.

的果实,颇具观赏价值。

试验地点:宁夏农林科学院园艺研究所 2 号温室。

供试基质:选择自制的柠条、苦豆子、苦参基质(不同原料的体积比为:发酵料:蛭石:珍珠岩=7:2:1)及购买的天缘二号基质(宁夏天缘园艺有限公司提供)、进口丹麦品氏托普泥炭栽培基质(Pindstrup substrate,粉碎度 10~30 mm,掺入少量珍珠岩)。

试验处理:定植时将五彩观赏辣椒分别定植于 5 种不同基质中,基质装入统一规格(上口最大直径 310 mm,高 210 mm)的塑料花盆中,每盆 1 株,且花盆中基质的容积相同。试验设置的 5 个处理分别为 5 种不同基质,其他管理一致,每个处理设 3 次重复,每个重复 10 株。五彩观赏辣椒于 2013 年 6 月 28 日定植,11 月中旬结束生长。

1.2 试验方法

在观赏辣椒栽培前测定不同基质的化学指标[pH 值、电导率(EC)]和主要养分含量(全氮、全磷、全钾和碱解氮、速效磷、速效钾);栽培后分别于观赏辣椒结果前期(2013 年 8 月 18 日)、结果盛期(2013 年 10 月 20 日)测定不同处理基质的物理性状,并调查植株的生长状况(株高、茎粗、根系活力、干物质含量等);于生长盛期(2013 年 9 月 3 日)测定植株的光合指标,通过试验结果分析筛选出适宜五彩观赏辣椒的最佳栽培基质。

基质化学性状的测定:基质 pH 值、EC 值分别用 pH 计、电导率仪测定^[5];全氮、全磷、全钾及碱解氮、速效磷、速效钾分别依据 LY/T 1228—1999《森林土壤全氮的测定》、LY/T 1232—1999《森林土壤全磷的测定》、LY/T 1234—1999《森林土壤全钾的测定》、LY/T 1229—1999《森林土壤水解性氮的测定》、LY/T 1233—1999《森林土壤有效磷的测定》、LY/T 1236—1999《森林土壤速效钾的测定》的方法测定。

基质物理性状测定:测定基质的体积质量与孔隙度,将自然风干的基质加满至体积为 100 cm³ 的取土环刀(环刀质量

m₀),质量为 m₁;浸泡水中 24 h 后,质量为 m₂;烧杯水分自由沥干后质量为 m₃。相关计算公式如下:

$$\text{干体积质量} = (m_1 - m_0) / 100;$$
$$\text{湿体积质量} = (m_3 - m_0) / 100;$$
$$\text{总孔隙度} = (m_2 - m_1) / 100 \times 100\%;$$
$$\text{通气孔隙} = (m_2 - m_3) / 100 \times 100\%;$$
$$\text{持水孔隙} = \text{总孔隙度} - \text{通气孔隙};$$
$$\text{大小孔隙比} = \text{通气孔隙} / \text{持水孔隙}^{[6]}。$$

植株的生长状况测定:各处理随机选取 5 株植株,株高采用直尺测量;茎粗采用游标卡尺测量;根系活力用改良 TTC 法测定^[7];干物质含量采用烘干法测定,即取植物全株(包括根、茎、叶、花、果实),将根部基质冲洗干净,用滤纸吸取多余水分,再称取全株鲜质量 m₀,然后烘干,称取全株干质量 m₁,干物质含量 = m₁/m₀ × 100%;光合指标采用 TPS-2 便携式光合测定仪测量。

数据统计采用 Excel、DPS 软件分析。

2 结果与分析

2.1 不同基质的理化性状

2.1.1 不同基质物理性状的比较 由表 1 可知,在五彩观赏辣椒苗期,不同基质的湿体积质量相差不大,苦豆子基质最小且极显著低于其他基质,其他 4 种基质的湿体积质量在 1% 水平差异不显著,在 5% 水平,天缘二号基质、自制柠条基质的湿体积质量显著高于苦参、进口品氏托普基质;在结果盛期,苦参基质、天缘二号基质的湿体积质量最大,其次是品氏托普基质,柠条基质、苦豆子基质最低。同种基质结果盛期与苗期相比,只有柠条基质的湿体积质量略有降低,其他基质都有所增加,其中天缘二号基质、苦参基质增加较多,天缘二号基质由 0.88 g/cm³ 增至 1.03 g/cm³,增加了 17.0%;苦参基质由 0.85 g/cm³ 增至 1.02 g/cm³,增加了 20.0%。

表 1 不同基质的物理性状比较												
基质类型	湿体积质量(g/cm ³)		干体积质量(g/cm ³)		总孔隙度(%)		通气孔隙度(%)		持水孔隙度(%)		大小孔隙比(%)	
	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20
柠条	0.87Aa	0.81Cc	0.26Aa	0.16Cc	74.31Bc	71.62Cd	13.36Cc	5.29Bbc	60.95Aab	66.33Bb	22.92Cc	8.93Bb
苦豆子	0.81Bc	0.83Cc	0.22Ab	0.17Cc	81.52Aa	75.47Bb	22.87Aa	9.41Aa	58.65Bb	66.06Bb	38.99Aa	14.24Aa
苦参	0.85Ab	1.02Aa	0.17Bc	0.21Bb	77.69Aab	74.38Bbc	21.32Aa	4.27Bc	56.37Bc	70.11Aa	37.82Aa	6.09Cc
品氏托普	0.85Ab	0.95Bb	0.22Ab	0.13Cd	70.25Cd	78.06Aa	16.78Bb	5.94Bb	53.47Cd	72.12Aa	31.38Bb	8.24Bb
天缘二号	0.88Aa	1.03Aa	0.16Bc	0.26Aa	76.37Ab	73.24Bc	14.25Cc	5.86Bb	62.12Aa	67.38Bb	22.94Cc	8.70Bb

注:同列数据后标有不同大写、小写字母分别表示差异极显著(P<0.01)、显著(P<0.05)。下表同。

从基质的干体积质量看,在苗期的柠条基质最大,为 0.26 g/cm³;其次是苦豆子基质、品氏托普基质,三者在 1% 水平无显著差异,苦参基质、天缘二号基质最低,分别为 0.17、0.16 g/cm³;在结果盛期,天缘二号基质干体积质量最大,为 0.26 g/cm³,其次是苦参基质,另外 3 种基质较小,且前二者与后三者在 1% 水平差异不显著;结果盛期与苗期相比,苦参基质、天缘二号基质的干体积质量分别增加了 23.5%、62.5%,其他 3 种基质降低(表 1)。

在基质的孔隙度方面,结果盛期与苗期相比,总孔隙度降低(品氏托普基质略有增加),通气孔隙度降低,持水孔隙度增加,大小孔隙比降低,表明随着植株的生长,基质的结构变紧实。从总孔隙度看,不同基质之间以苗期的苦豆子基质最大,为 81.52%,与苦参基质、天缘二号基质在 1% 水平上无显著差异;品氏托普基质最低,为 70.25%;在结果盛期,品氏托普基质最大,为 78.06%,柠条基质最小,为 71.62%,其他 3 种基质在 1% 水平上无显著差异。苦豆子基质、苦参基质苗期通气孔隙度极显著高于其他 3 种基质,柠条基质、天缘二号基质苗期通气孔隙度最低,且二者无显著差异;在结果盛期,苦豆子基质通气孔隙度最大,其他 4 种基质在 1% 水平无显著差异。从持水孔隙度看,苗期天缘二号基质、柠条基质最

大,其次是苦豆子基质、苦参基质,品氏托普基质最小;在结果盛期,品氏托普基质、苦参基质的持水孔隙最大,其他 3 种基质次之且无显著差异。在大小孔隙比方面,苗期苦参基质、苦豆子基质最大,天缘二号基质、柠条基质最低;在结果盛期,苦豆子基质的大小孔隙比最大,为 14.24%,苦参基质最小,仅为 6.09%,其他基质无显著差异(表 1)。

2.1.2 不同基质化学性状及养分含量的比较 植株对基质的要求是最好呈中性或微酸性状态^[8]。由表 2 可见,供试不

同基质的 pH 值差异不大,均小于 7,偏弱酸性,较适合蔬菜生长。基质的电导率表示可溶性盐的离子浓度,电导率过高会影响植株生长,电导率过低则说明基质养分不足;基质的 EC 值超过 1.25 mS/cm 时需要淋洗盐分,以免对植物根系构成渗透逆势;当电导率小于 0.5 mS/cm 时,需要施肥或浇灌营养液^[9]。由表 2 可以看出,柠条基质、天缘二号基质的 EC 值较高,分别为 1.76、1.67 mS/cm,苦豆子基质 EC 值适中,苦参基质、品氏托普基质 EC 值最低。

表 2 栽培前不同基质的化学指标及主要养分含量

基质类型	pH 值	EC 值 (mS/cm)	全氮含量 (g/kg)	全磷含量 (g/kg)	全钾含量 (g/kg)	碱解氮含量 (mg/kg)	速效磷含量 (mg/kg)	速效钾含量 (mg/kg)
柠条	6.63Ab	1.76Aa	15.88Cc	5.57Aa	5.75Ab	1 002Bb	111.34Ab	820Bb
苦豆子	6.63Ab	1.01Bb	24.42Aa	2.26Cc	6.00Aab	1 306Aa	130.79Aa	830Bb
苦参	6.82Aab	0.59Cc	20.01Bb	3.43Bb	6.62Aa	1 212Aa	122.96Aab	970Aa
品氏托普	6.93Aa	0.59Cc	7.14Dd	0.46Dd	3.25Bc	402Cc	26.51Cd	340Dd
天缘二号	6.92Aa	1.67Aa	14.37Cc	2.19Cc	6.88Aa	754Bb	78.10Bc	550Cc

由表 2 还可见,在养分含量方面,苦豆子基质全氮、碱解氮及速效磷含量均最高,其次是苦参基质,再次是柠条基质;柠条基质全磷含量最高,其次是苦参基质,再次是苦豆子基质、天缘二号基质,且二者无显著差异;除品氏托普基质外其他 4 种基质全钾含量在 1% 水平上差异不显著;苦参基质速效钾含量最高,其次是苦豆子基质、柠条基质;在所有基质处理的养分含量方面,品氏托普基质均最低。全量养分代表基质的潜在供应水平,速效养分可被植物直接吸收,与植物生长密切相关^[10]。氮能促进茎叶生长茂盛,磷肥可促进繁殖器官(花和果)的形成和发育,钾可促进植物对氮磷的吸收。只有氮磷钾交互作用并达到平衡时,才能满足植物的正常生长需要^[11]。由以上分析可见,苦豆子基质化学指标及养分含量最优。

2.2 不同栽培基质对五彩观赏辣椒生长发育的影响

2.2.1 不同栽培基质对五彩观赏辣椒生长指标的影响 由表 3 可见,在苗期,品氏托普基质、天缘二号基质栽培的观赏

辣椒株高、茎粗、全株干质量、全株鲜质量均较高,其他 3 种基质栽培的株高、全株干质量、全株鲜质量均无显著差异;在茎粗方面,柠条基质极显著低于其他 4 种基质,为 3.94 mm,而其他 4 种基质之间差异不显著。在结果盛期,苦豆子基质栽培的观赏辣椒株高、茎粗、全株鲜质量、全株干质量及干物质含量均较高,分别为 44.22 cm、8.73 mm、136.2 g、26.33 g;品氏托普基质、天缘二号基质栽培的株高、茎粗略低于苦豆子基质,柠条基质、苦参基质的株高较低,但柠条基质在茎粗方面与苦豆子基质无显著差异;在植株干质量、鲜质量方面,柠条基质仅次于苦豆子基质,鲜质量为 81.25 g,干质量为 13.86 g,苦参基质、品氏托普基质植株的干质量、鲜质量均较低。在干物质含量方面,苗期、结果盛期均是苦豆子基质最高,分别为 21.77、19.33 g,在苗期以品氏托普基质栽培最低,仅为 12.71 g;在结果盛期,天缘二号基质栽培与苦豆子基质无显著差异,其次是品氏托普基质,柠条基质、苦参基质栽培较低。

表 3 不同栽培基质对观赏辣椒生长指标的影响

基质类型	株高(cm)		茎粗(mm)		全株鲜质量(g)		全株干质量(g)		干物质含量(%)	
	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20	08-18	10-20
柠条	21.19Bc	33.21Cd	3.94Bc	8.74Aa	5.53Bb	81.25Bb	0.88Bc	13.86Bb	15.91Bb	17.06Cc
苦豆子	20.33Bc	44.22Aa	4.85Ab	8.73Aa	3.95Bb	136.2Aa	0.86Bc	26.33Aa	21.77Aa	19.33Aa
苦参	21.17Bc	31.38Cd	5.37Aa	5.57Cc	5.52Bb	48.9Dd	0.92Bc	8.38Cd	16.67Bb	17.14Cc
品氏托普	39.17Aa	41.94ABb	5.52Aa	6.42Bb	25.81Aa	46.6Dd	3.28Aa	8.52Cd	12.71Cd	18.28Bb
天缘二号	34.83Ab	38.46Bc	5.46Aa	6.44Bb	21.57Aa	62.2Cc	2.94Ab	11.94BCc	14.00BCc	19.20Aa

2.2.2 不同栽培基质对五彩观赏辣椒光合指标的影响 由表 4 可知,柠条基质栽培的观赏辣椒的各项光合指标(除光合速率外)均极显著高于其他基质。在光合速率(P_n)方面,苦豆子基质与柠条基质差异不显著,苦参基质、品氏托普基质栽培的最低;光合速率与气孔导度(G_s)呈正相关,苦豆子基质栽培的观赏辣椒气孔导度仅低于柠条基质,其他 3 种基质栽培无显著差异;苦豆子基质、苦参基质的蒸腾速率(T_r)差异不显著,苦豆子基质、品氏托普基质的胞间 CO_2 浓度差异不显著。

综合光合指标分析可知,柠条基质、苦豆子基质的光合性能最强。

2.2.3 不同栽培基质对五彩观赏辣椒根系活力的影响 植物根系是活跃的吸收器官和合成器官,根的生长情况和活力水平直接影响地上部分的生长、营养状况及产量水平^[12]。由图 1 根系活力可知,在结果前期,品氏托普基质栽培的观赏辣椒根系活力最强,达 38.33 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,其次是天缘二号基质、苦参基质,苦豆子基质最弱,为 11.33 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$;在结果盛期,柠条基质栽培的观赏辣椒根系活力最强,为 30.93 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$,苦豆子基质略低于柠条基质,品氏托普基质栽培的最弱,仅为 7.80 $\mu\text{g}/(\text{g} \cdot \text{h})$ 。说明随着植株的生长,柠条基质、苦豆子基质栽培观赏辣椒根系活力增加,其他基质则在降低。

表 4 不同栽培基质对观赏辣椒光合指标的影响

栽培基质	蒸腾速率 T_r [mmol/(m ² ·s)]	气孔导度 G_s [mmol/(m ² ·s)]	光合速率 P_n [μmol/(m ² ·s)]	细胞间隙 CO ₂ 浓度 (μmol/mol)
柠条	3.30Aa	267Aa	19.5Aa	297Aa
苦豆子	1.83Bbc	118Bb	19.1Aa	109Bbc
苦参	1.99Bb	94Cc	15.7Cc	89Bb
品氏托普	1.49Cd	98Cc	15.7Cc	116Bb
天缘二号	1.73Bc	91Cc	17.0Bb	70Bc

注:蒸腾速率、气孔导度以 H₂O 计,光合速率以 CO₂ 计。

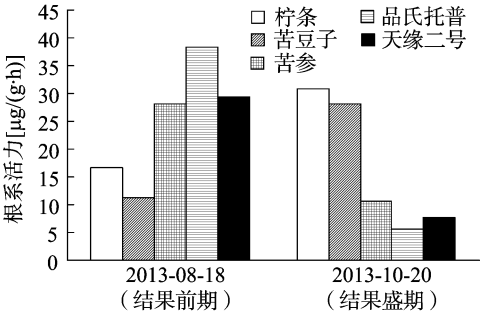


图1 不同栽培基质对五彩观赏椒根系活力的影响

3 结论与讨论

基质的物理性质反映了基质保水能力与通透性,其中对植物生长影响较大的物理性质是容重(干体积质量)、总孔隙度等^[13]。容重反映了基质的轻重,影响着基质对植株根系的固定作用,容重过大对栽培中操作及商品运输带来不便,容重太小不利于植株的固定。总孔隙度是通气孔隙、持水孔隙的总和,反映基质的通透性及疏松程度,可影响基质的保水能力。基质大小孔隙比是基质物理性质的综合评价指标,反映基质通气性的好坏。基质湿容重(湿体积质量)表示介质中最大含水量,在一定程度上反映了基质吸水能力。Abad 等认为,理想基质的干体积质量应小于 0.4 g/cm³,总孔隙度应大于 80%,而通气孔隙应在 20%~30%之间^[14];李谦盛提出的基质质量标准认为,干体积质量应在 0.1~0.8 g/cm³,总孔隙度应在 70%~90%之间,通气孔隙应在 15%~30%之间,基质湿容重适宜范围是 0.64~0.96 g/cm³^[15]。本研究中,供试基质的干体积质量均满足于 Abad 等和李谦盛对于理想基质的要求,总孔隙度能满足李谦盛对于理想基质的要求;苗期的苦豆子基质、苦参基质、品氏托普基质通气孔隙度满足李谦盛对于理想基质的要求,柠条基质、天缘二号基质以及观赏辣椒在结果盛期的所有供试基质均低于理想基质的要求(小于 15%);结果盛期的苦参基质、天缘二号基质的湿体积质量较大,超出了理想基质范围。较好的理化性状可促进根系对水分、养分的吸收,促使同化物质更多积累,从而能够更好地促进观赏辣椒的生长发育。

刘庆超认为,基质营养元素含量的高低不足以说明基质的优劣,因为基质自身矿质元素含量不能满足植物在整个长期的需求,必须在生产过程中以各种方式补充营养,而物理性状的适宜与否才是栽培基质选择的主要标准^[16]。本研究结果表明,基质内养分充足才能为植株的生长提供充足的营

养,苦豆子基质的化学指标及养分含量最优,其生长发育指标最佳。

因此,对五彩观赏辣椒的生长指标、光合指标及根系活力综合分析可知,苦豆子基质栽培效果最佳,其次是柠条基质,其他基质各有优缺点。

参考文献:

[1] 颜冰,罗丽丽. 观赏蔬菜的应用状况[J]. 农业研究与应用, 2011(6):18-22.

[2] 黄丹枫,杨丹妮. 都市菜园生产模式之二:观赏蔬菜研究与开发[J]. 长江蔬菜,2012(24):1-4.

[3] Thornton C R. An immunological approach to quantifying the saprotrophic growth dynamics of *Trichoderma* species during antagonistic interactions with *Rhizoctonia solani* in a soil-less mix[J]. Environmental Microbiology, 2004, 6(4):323-334.

[4] 孙晔. 三种观赏石斛兰适宜栽培基质的选择研究[D]. 哈尔滨:东北林业大学,2007.

[5] 蒲胜海,冯广平,李磐,等. 无土栽培基质理化性状测定方法及其应用研究[J]. 新疆农业科学,2012,49(2):267-272.

[6] 程斐,孙朝晖,赵玉国,等. 芦苇末有机栽培基质的基本理化性能分析[J]. 南京农业大学学报,2001,24(3):19-22.

[7] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 3版. 台北:艺轩图书出版社,2009.

[8] 陈苏利. 百合栽培基质配方的筛选研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2005:6-9.

[9] 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(增刊2):1-4.

[10] 刘利刚. 基质栽培芍药研究[D]. 北京:北京林业大学,2009:39-43.

[11] 李文杰. 丽格海棠无土栽培基质和营养液配方的优化筛选[D]. 保定:河北农业大学,2004:32.

[12] 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,2006:118-119.

[13] 叶露莹. 芍药盆栽无土栽培基质研究[D]. 北京:北京林业大学,2010.

[14] Abad M, Noguera P, Burés S. 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.

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

[16] 刘庆超. 三种重要盆栽花卉的有机代用基质研究[D]. 北京:北京林业大学,2006.