

# 东方百合 ‘Sorbonne’ 无土栽培基质的研究

任爽英<sup>1</sup> 刘春<sup>2</sup> 冯冰<sup>1</sup> 黄璐<sup>1</sup> 董丽<sup>1</sup>

(1 北京林业大学园林学院, 国家花卉工程技术研究中心 2 中国农业科学院蔬菜花卉研究所)

**摘要:**以目前国内百合切花生产上常用的基质(V(泥炭):V(珍珠岩)=7:3)为对照,以环保可再生的农林废弃物椰糠等为原料,筛选适合东方百合‘Sorbonne’切花生产的无土栽培基质,以期减少或完全替代泥炭的应用。结果表明,基质3(V(泥炭):V(蛭石):V(珍珠岩):V(麦秆)=5:1:2:2)、基质4(V(泥炭):V(河砂):V(珍珠岩):V(玉米秆)=4:1:2:3)和基质5(V(椰糠):V(蛭石):V(河砂):V(珍珠岩)=3:2:3:2)的理化性质各项指标均在无土栽培基质的理想范围内,以其栽培的切花,在株高、叶片数、花蕾大小、根系发育、生物量积累以及切花的采后品质等方面,综合评价均优于对照,被认为是3种优良的百合切花无土栽培替代基质,其中基质3为最优。使用这3种替代基质用于百合切花生产,不仅可以在保证切花质量的同时减少泥炭用量,并可显著降低基质成本13%~47%。

**关键词:**百合;基质;生长发育;泥炭替代

中图分类号:S682.2 文献标志码:A 文章编号:1000-1522(2011)03-0092-07

REN Shuang-ying<sup>1</sup>; LIU Chun<sup>2</sup>; FENG Bing<sup>1</sup>; HUANG Lu<sup>1</sup>; DONG Li<sup>1</sup>. **Soilless culture media for *Lilium* ‘Sorbonne’**. *Journal of Beijing Forestry University* (2011) 33 (3) 92-98 [Ch, 16 ref.]

1 National Engineering Research Center for Floriculture, College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

2 Institute of Vegetable and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, 100081, P. R. China.

In this study we selected *Lilium* ‘Sorbonne’ as a test species to investigate the possibility of using agricultural and forestry waste to replace peat as the growth medium. We used the mixture of V(peat):V(perlite)=7:3 as a control, which is now commonly used for the production of lily cut flowers in China. The results showed that physical and chemical characteristics of the medium 3(V(peat):V(vermiculite):V(perlite):V(wheat straw)=5:1:2:2), medium 4(V(peat):V(sand):V(perlite):V(corn straw)=4:1:2:3) and medium 5(V(coir):V(vermiculite):V(sand):V(perlite)=3:2:3:2) met the general requirements for soilless culture. The integrated performance, including plant height, number of leaves, size of flower buds, development of root systems, biomass accumulation and post-harvest quality of the plants grown in the three media (3, 4 and 5) was significantly higher than that of the control. Plants grown in the medium 3 performed the best. Therefore, the three growth media can be used to reduce peat consumption and decrease the substrate cost by 13% - 47%.

**Key words** lily; medium; growth and development; peat substitutes

近年来,我国切花百合(*Lilium* spp.)的栽培面积不断扩大,为了克服土壤栽培所带来的病虫害等问题,无土栽培方式已成为首选。泥炭富含有机质和腐植酸,疏松多孔,通气透水,贮藏水分养分能力较强,是公认的无土栽培优良基质组分之一,国内外

百合切花生产通常以泥炭为基质主成分。在我国,切花百合栽培基质的泥炭用量通常高达基质组分的70%。但泥炭属不可再生资源,大量无限制地开采,必然会带来环境恶化等问题。因此,寻找环保、可再生的泥炭替代基质,受到世界各国的普遍重视。近

收稿日期:2010-07-11

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD07B05)。

第一作者:任爽英,博士生。主要研究方向:园林植物栽培生理。电话:010-82375031-8041 Email:renshy@126.com 地址:100083北京市清华东路35号北京林业大学园林学院。

责任作者:董丽,教授,博士生导师。主要研究方向:园林植物栽培及采后生理。电话:010-82375031-8041 Email:dongleah@yahoo.com.cn 地址:同上。

本刊网址: <http://journal.bjfu.edu.cn>

年来,国内外的许多研究单位立足于本国本地区的具体情况,在研制新型无土栽培基质方面取得了长足进展。椰糠<sup>[1-5]</sup>、芦苇末<sup>[6-7]</sup>、花生壳及木屑<sup>[4]</sup>、农作物秸秆<sup>[4,8]</sup>、锯末<sup>[8-9]</sup>、菇渣<sup>[8-10]</sup>、城市污泥<sup>[11]</sup>、园林枯枝落叶及其堆肥<sup>[12-13]</sup>等经过粉碎或者发酵后,被分别用在一品红(*Euphorbia pulcherrima*)、丽格海棠(*Begonia × elatior*)、新几内亚凤仙(*Impatiens hawkrüi*)、仙客来(*Cyclamen persicum*)、月季(*Rosa cvs*)、蝴蝶兰(*Phalaenopsis*)、盆栽月桂樱(*Prunus laurocerasus*)等花卉和甜椒(*Capsicum annuum*)等蔬菜的生产中用来替代泥炭。

本研究以我国生产面积最大的东方百合品种之一‘Sorbonne’为试材,旨在探讨椰糠、玉米秆、麦秆等来源广泛、价格低廉且取材方便的农林废弃物组成的混合基质对切花百合生长发育的影响,以期筛选出适合百合切花无土栽培的泥炭低组分或零组分的栽培基质,促进高效、安全及环保可再生的花卉产业的发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试的材料为东方百合杂种系(*Lilium Oriental hybrids*)中‘索邦’(‘Sorbonne’)品种。种球购自荷兰,周径14~16 cm。用于试验的9种基质原材料,按照一定的体积比混合(表1)后,组成7种混合基质用于试验。其中,对照(ck)为当前国内切花百合生产上广泛使用的无土栽培基质。

表1 混合基质组分及比例(体积比)

Tab. 1 Composition of different media

处理	基质组分								
	泥炭	蛭石	河砂	珍珠岩	麦秆	玉米秆	椰糠	菇渣	豆荚
基质1(ck)	7			3					
基质2	6	1	3						
基质3	5	1		2	2				
基质4	4		1	2		3			
基质5		2	3	2			3		
基质6			2					6	2
基质7			1	1					8

### 1.2 栽培方法

试验于2008年4月下旬至7月中旬在位于北京市昌平区南口镇的日光温室内进行。试验采用单因素完全随机区组设计,种植槽式栽培,每个处理40个种球,3次重复。种植前基质和种球进行常规消毒处理。试验中,除栽培基质外,其他环境条件和栽培管理措施一致。栽培过程中,结合浇水,共施MS大量元素、微量元素和铁盐配制而成的营养液5次,营养液浓度2%,pH5.5~6.5,电导率(EC)<1.5 mS/cm。

### 1.3 指标测定

在试验前后分别测定基质的理化性质,采用连兆煌等<sup>[14]</sup>方法。在整个生长期每周测定1次深12 cm处根系附近基质温度,从06:00—18:00每2 h测定1次,将各时刻温度值累计求平均值作为本周平均温度,并同时测定环境温度。

种球种植11周后,即采切当天进行以下处理:1)各处理随机抽取15株,测量株高、茎粗、花蕾数、基部第1个花蕾的长度、叶片数等形态指标;2)各处理随机选取3株,分别称量地上和地下部分的生物量,并观察茎生根的生长情况,统计茎生根的数量和质量;3)各处理选取4株具有3个花蕾的开放程度、外观一致的切花,于自上而下50 cm处剪切,瓶插后置于观察室内进行采后品质观察,测定指标包括:瓶插开始时花茎相对质量、基部第1和第3朵花最大开放直径、最佳观赏期、瓶插寿命等。

用隶属函数法<sup>[4,8-9,15]</sup>求出切花综合评价指标的隶属函数值: $X(\mu) = (X - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ,其中 $X$ 为测定值, $X_{\max}$ 为该指标测定的最大值, $X_{\min}$ 为该指标所测的最小值。将各基质条件下,不同切花评价指标的隶属函数值进行累加,求其平均值,即为百合切花产品品质的综合评价指数,其值越大,说明切花品质越好。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同基质处理对‘Sorbonne’地上部分生长发育的影响

种球栽植1周后陆续萌发出土,基质6和7中的种球出芽速度最快(数据略);3周后,各处理的植株高度达10 cm以上,开始零星展叶;到7周,各处理植株完全展叶,叶片数每株33~35片,达到植株叶片数的最大值,各处理与对照基质无显著差异。此时花蕾已明显可见,花序发育加快,但营养生长速度减慢,表明此刻植株已基本完成营养生长而转向以生殖生长为主。到11周各处理的植株均达到采切标准,地上部分生长指标值如表2所示。株高方面,生长在基质6和7中的植株显著低于对照,其余几个处理与对照无显著差异。各处理的茎粗值与对照之间虽没有显著差异,但种植于基质3的植株近地面直径最粗(9.57 mm),而种植于基质7的最细(8.61 mm),二者之间差异显著。就花蕾数目而言,各处理均在3个左右。各处理植株第1个花蕾生长规律基本一致(数据略),均呈现前期缓慢后期逐渐加快的发育进程,尤其在最后1周花蕾长度平均增长达40 mm左右。同时从表2可以看出,处理6的

表2 混合基质对‘Sorbonne’地上部分生长发育的影响

Tab.2 Effects of different media on the growth and development of *Lilium* ‘Sorbonne’

处理	株高/cm	茎粗/mm	花蕾数/个	第1个花蕾长/mm
基质1(ck)	84.31 ± 5.48a	9.22 ± 0.64ab	3.27 ± 0.12a	94.97 ± 1.91a
基质2	83.69 ± 5.24a	9.43 ± 0.25ab	2.93 ± 0.23a	91.00 ± 8.98a
基质3	85.68 ± 6.13a	9.57 ± 0.23a	3.20 ± 0.20a	93.17 ± 3.00a
基质4	86.93 ± 5.57a	9.47 ± 0.34ab	3.33 ± 0.31a	92.27 ± 0.65a
基质5	88.62 ± 4.96a	8.93 ± 0.65ab	2.93 ± 0.12a	95.83 ± 10.93a
基质6	74.82 ± 1.22b	9.10 ± 0.47ab	3.20 ± 0.40a	84.68 ± 8.08a
基质7	76.24 ± 4.21b	8.61 ± 0.56b	2.93 ± 0.12a	95.18 ± 6.79a

注:表中数据为15个重复的平均值±标准差;邓肯氏显著性检验,同一列中不同小写字母表示差异显著( $\alpha=0.05$ ),表3~5、7~9同此。

花蕾长度最小,到采切时平均只有84.68 mm,较对照及其他处理的花蕾短7~10 mm。

总体来看,在 *Lilium* ‘Sorbonne’ 的高生长、茎粗、叶片发育、花蕾数及第1个花蕾的长势方面,栽培在基质1~5上的植株之间差异不显著,但生长在基质6和7上的植株明显低矮,且基质6上的植株花蕾最终长度较小。此外,试验中还发现种植在基质6和7的植株上部叶片脉间和花蕾有明显失绿的症状。

## 2.2 不同基质处理对‘Sorbonne’根系生长的影响

百合的根系由茎生根和基生根两部分组成。其中茎生根在种球种植后轮状发生于鳞茎顶端至基质表面之间的茎上,起固着整个植株和吸收水分、养分的功能。到采切时7种基质中茎生根的纵向分布均集中在鳞茎上茎干的0~5.5 cm之间,约5~7轮,

基质间差异很小。基质3中茎生根最长,基质6中的最短,但只有基质6显著低于对照,其他处理与对照无显著差异。从茎生根的数量来看:栽培在基质3、4、5的种球茎生根数量均多于对照基质,其中生长在基质3中的植株茎生根数量最多,达176条;而种植在基质6中的茎生根的数量最少,只有80条,显著低于对照;基质7的居中,为125条。从茎生根的质量看,处理6的鲜样质量和干样质量明显低于对照和其他基质。与对照相比,基质6茎生根生长的各项指标值最差,其次是基质7,另外4种基质与对照差异不显著。茎生根分布范围越大,数量就越多,吸收水分和养分的能力就越强,这样就能更好地促进地上部分的生长,从茎生根各指标与地上部分生长发育状况相一致正验证了这一点,充分说明了茎生根生长的好坏直接影响地上部分的生长发育。

表3 混合基质对‘Sorbonne’茎生根生长的影响

Tab.3 Effects of different media on the growth of stem roots of *Lilium* ‘Sorbonne’

处理	平均长度/cm	数量/条	鲜样质量/g	干样质量/g
基质1(ck)	13.00 ± 1.32ab	148.33 ± 27.57a	18.90 ± 5.40a	1.29 ± 0.43a
基质2	12.00 ± 2.60abc	142.33 ± 16.56a	18.98 ± 4.24a	1.45 ± 0.44a
基质3	13.83 ± 2.52a	176.00 ± 43.86a	17.48 ± 6.75a	1.04 ± 0.39ab
基质4	12.83 ± 1.15abc	151.67 ± 30.83a	14.36 ± 3.66ab	0.93 ± 0.25ab
基质5	10.33 ± 1.89bc	153.67 ± 8.08a	15.48 ± 5.10ab	1.08 ± 0.40ab
基质6	9.50 ± 1.73c	79.67 ± 26.69b	6.25 ± 3.77b	0.43 ± 0.23b
基质7	10.17 ± 1.53bc	124.67 ± 30.11ab	13.59 ± 7.26ab	1.03 ± 0.60ab

注:表中数据为3个重复的平均值±标准差。表4、7~9同此。

## 2.3 不同基质处理对‘Sorbonne’生物量的影响

生物量是植株积累干物质的质量,可以用于衡量植株生长的优劣。由表4可以看出,采切时栽培在基质2~5上植株的地上部分鲜样质量和干样质量与对照基质无显著差异,而基质6和7上的该指标则显著低于对照。各处理地下部分的干样质量和鲜样质量与对照差异不显著。鲜样质量的根冠比,基质3和5相近,低于其他处理,但与对照无显著差别;干样质量的根冠比,基质3和5的最低(0.47),基质6最高(0.68),3者之间差异显著,均与对照无显著差异。

## 2.4 不同基质处理对‘Sorbonne’采后品质的影响

切花的采后品质是商家和消费者最为关心的问

题,也是检验切花质量优劣的最重要指标。由于栽培在基质6和7中的切花出现脉间失绿的症状,认为未达到商品标准,所以本试验只分析生长在基质1~5中切花的采后品质。如表5,花茎相对质量,第1和第3朵花的开放情况均与对照无显著差异,基质4和5中切花的最佳观赏期较对照延长1~1.5 d,瓶插寿命也相应延长1.5~2 d。

## 2.5 不同基质处理对‘Sorbonne’切花生长发育状况的综合评价

在植物的生长发育过程中,采用单一的指标简单评价是不够全面的,也是非常不科学的。本文采用模糊数学中的隶属函数法<sup>[4,8-9,15]</sup>,针对优选出的生长发育指标,经过计算求平均值,为各基质栽培百

合的生长发育状况作出较为准确的综合评价。评价结果显示(表 6), 生长在基质 3、4 和 5 中的 *Lilium* ‘Sorbonne’ 综合评价指数分别是 0.63、0.53 和

0.55, 均优于对照基质(0.47), 说明这 3 种基质都可以用来代替对照基质用于生产百合切花, 其中基质 3 最优。

表 4 混合基质对 ‘Sorbonne’ 生物量的影响

Tab. 4 Effects of different media on the biomass of *Lilium* ‘Sorbonne’

处理	鲜样质量/g		鲜样质量 根冠比	干样质量 /g		干样质量 根冠比
	地上部分	地下部分		地上部分	地下部分	
基质 1 (ck)	103.17 ± 5.15a	55.72 ± 5.18a	0.54a	11.44 ± 0.95a	5.75 ± 0.29a	0.51ab
基质 2	90.56 ± 4.46abc	51.28 ± 13.91a	0.56a	10.15 ± 0.89ab	5.59 ± 1.97a	0.55ab
基质 3	98.34 ± 16.78ab	48.15 ± 8.34a	0.49a	10.35 ± 2.10ab	4.72 ± 0.54a	0.47b
基质 4	92.28 ± 10.18abc	51.26 ± 3.94a	0.56a	10.30 ± 1.89ab	5.07 ± 0.41a	0.50ab
基质 5	101.14 ± 8.45a	49.53 ± 10.39a	0.49a	11.77 ± 1.20a	5.59 ± 1.17a	0.47b
基质 6	76.18 ± 5.07c	42.29 ± 5.78a	0.56a	8.60 ± 0.81b	5.93 ± 1.46a	0.68a
基质 7	83.15 ± 9.36bc	43.47 ± 8.76a	0.52a	9.13 ± 1.27b	5.17 ± 0.59a	0.57ab

表 5 混合基质对 ‘Sorbonne’ 采后品质的影响

Tab. 5 Effects of different media on the post-harvest quality of *Lilium* ‘Sorbonne’ cut flower

处理	花茎相对质量/g	第 1 小花最大开放 直径/cm	第 3 小花最大开放 直径/cm	花序最佳 观赏期/d	瓶插寿命/d
基质 1 (ck)	62.68 ± 2.34a	17.42 ± 0.67ab	15.19 ± 0.63a	7.00 ± 0.82ab	9.25 ± 1.26b
基质 2	61.50 ± 3.13a	17.75 ± 0.72a	15.81 ± 1.12a	7.00 ± 0.82ab	9.75 ± 0.96ab
基质 3	61.91 ± 8.13a	17.38 ± 0.39ab	15.81 ± 0.64a	6.50 ± 0.58b	9.00 ± 0.00b
基质 4	59.61 ± 2.87a	16.91 ± 0.09b	15.08 ± 1.16a	8.00 ± 1.63ab	11.25 ± 1.71a
基质 5	60.90 ± 1.12a	17.61 ± 0.33ab	15.81 ± 0.37a	8.50 ± 0.58a	10.75 ± 1.26ab

注:表中数据为 4 个重复的平均值 ± 标准差。

表 6 混合基质对 ‘Sorbonne’ 生长发育的综合评价指数表

Tab. 6 Comprehensive evaluation index on the growth and development of *Lilium* ‘Sorbonne’ in different media

处理	株高	茎粗	叶片数	花蕾数	根系	生物量	第 1 小花最大直径	第 3 小花最大直径	瓶插寿命	综合评价指数
基质 1 (ck)	0.13	0.45	1.00	0.83	0.18	0.80	0.61	0.15	0.11	0.47
基质 2	0.00	0.77	0.53	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.33	0.40
基质 3	0.40	1.00	0.91	0.67	1.00	0.12	0.56	1.00	0.00	0.63
基质 4	0.66	0.84	0.91	1.00	0.28	0.09	0.00	0.00	1.00	0.53
基质 5	1.00	0.00	0.00	0.00	0.34	1.00	0.83	1.00	0.78	0.55

## 2.6 基质理化性质

基质除固定作物根系外,更重要的是为根系创造良好的水、肥、气条件,这些与其物理性质息息相关。从表 7 可以看出:种植前基质 3 与对照基质密度最为接近,均为最低;基质 2 和基质 5 的密度达到对照的 3 倍以上,高达 0.67 g/cm<sup>3</sup>;其余几个介于其间,但均显著高于对照。基质 3 和 7 的总孔隙度高于或接近对照,其余处理均显著低于对照。基质 2 通气孔隙度最低,为 5.48%,显著低于对照和其他处理,而其余几个处理均与对照差异不显著。与之相对基质 2 的持水孔隙度最高,显著高于对照;基质 3、6 和 7 与对照差异不显著;基质 4 和 5 居中,显著低于对照。大小孔隙度比以基质 2(0.10)为最低,处理 3 和 5 与对照比较接近。

栽培后基质的物理性质相对于栽培前发生了变化,如表 8。就密度来说,基质 3 和对照基质栽培后基本没有发生变化;而其余几种基质的密度都不同程度的增大,尤其是基质 6 的变化幅度最大,增加了

0.31 g/cm<sup>3</sup>。各处理总孔隙度变化非常小,在 3% 以内略有升高。通气孔隙度方面,基质 7 和对照基质基本没有变化,基质 2 的通气孔隙度上升,其余 4 种基质则出现下降,基质 4 的通气孔隙度下降最为明显,达到 15%。持水孔隙度,除基质 7 和对照的试验前后变化不大外,其余 5 种基质的变化趋势与通气孔隙度的相反,即基质 2 的持水孔隙度下降,其余 4 种基质的指标值则全部上升。大小孔隙度之比在试验结束后,除基质 2 上升为 0.29、基质 7 变化不大外,其余处理则一致下降。

如表 9 所示,栽前各处理的 pH 值均高于对照基质,中性偏碱;EC 值也高于对照,但均小于 1.5 mS/cm,符合花卉无土栽培基质的要求。种植后各处理的 pH 值除处理 5 外,都出现了不同程度的下降,主要是长期施用中性偏酸的营养液出现的一定的酸调所致;而所有基质的 EC 值在试验后都有所上升,可能是各处理不同程度上固持了营养液中的离子。

表7 试验前混合栽培基质的物理性质

Tab.7 Physical characteristics of different media before experiment

处理	密度 / (g · cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度 / %	通气孔隙度 / %	持水孔隙度 / %	大小孔隙度比
基质 1 (ck)	0.19 ± 0.02d	69.83 ± 2.84ab	23.11 ± 2.24ab	46.71 ± 4.86b	0.50ab
基质 2	0.67 ± 0.03a	60.24 ± 0.89d	5.48 ± 1.50c	54.76 ± 2.05a	0.10c
基质 3	0.19 ± 0.02d	73.78 ± 5.87a	26.80 ± 7.46a	46.98 ± 3.17b	0.58ab
基质 4	0.37 ± 0.04c	63.28 ± 1.63cd	25.63 ± 5.30a	37.65 ± 3.84c	0.69a
基质 5	0.66 ± 0.04a	52.57 ± 0.40e	15.94 ± 3.82b	36.64 ± 3.78c	0.45ab
基质 6	0.50 ± 0.03b	58.71 ± 1.42d	15.15 ± 4.46b	43.56 ± 3.05b	0.35bc
基质 7	0.42 ± 0.07c	65.82 ± 3.10bc	16.13 ± 4.93b	49.69 ± 1.85ab	0.33bc

表8 试验后混合栽培基质的物理性质

Tab.8 Physical characteristics of different media after experiment

处理	密度 / (g · cm <sup>-3</sup> )	总孔隙度 / %	通气孔隙度 / %	持水孔隙度 / %	大小孔隙度比
基质 1 (ck)	0.21 ± 0.04c	72.65 ± 1.84a	23.39 ± 5.02a	49.26 ± 4.56abc	0.48a
基质 2	0.77 ± 0.12a	60.51 ± 5.88c	13.39 ± 5.83bc	47.12 ± 4.89bc	0.29ab
基质 3	0.20 ± 0.02c	73.58 ± 0.38a	18.52 ± 5.65ab	55.06 ± 5.34a	0.35ab
基质 4	0.50 ± 0.06b	64.07 ± 4.09bc	10.64 ± 4.12bc	53.44 ± 0.15ab	0.20b
基质 5	0.77 ± 0.11a	52.91 ± 3.50d	9.50 ± 0.86c	43.42 ± 2.96c	0.22b
基质 6	0.81 ± 0.07a	60.05 ± 2.44c	10.21 ± 3.13c	49.84 ± 0.84abc	0.21b
基质 7	0.54 ± 0.05b	66.91 ± 1.03b	16.98 ± 2.84abc	49.93 ± 1.80abc	0.34ab

表9 试验前后混合栽培基质的 pH 和 EC

Tab.9 The pH and EC values of different media before and after experiment

处理	试验前		试验后	
	pH	EC / (mS · cm <sup>-1</sup> )	pH	EC / (mS · cm <sup>-1</sup> )
基质 1 (ck)	7.30 ± 0.23d	0.039 ± 0.006b	6.88 ± 0.33d	0.059 ± 0.086b
基质 2	7.58 ± 0.14c	0.183 ± 0.271b	7.51 ± 0.18b	0.610 ± 0.044ab
基质 3	7.43 ± 0.17cd	0.169 ± 0.132b	7.02 ± 0.15cd	0.193 ± 0.257b
基质 4	7.59 ± 0.06c	0.109 ± 0.149b	7.28 ± 0.15bc	0.193 ± 0.026b
基质 5	7.60 ± 0.03c	0.061 ± 0.008b	8.17 ± 0.10a	0.136 ± 0.132b
基质 6	8.22 ± 0.13b	0.127 ± 0.094b	8.06 ± 0.19a	0.718 ± 0.246ab
基质 7	9.06 ± 0.02a	0.887 ± 0.757a	8.38 ± 0.03a	1.321 ± 1.221a

2.7 根际温度与环境温度变化情况

跟踪测定了百合生长过程中各混合基质根际 (12 cm 深) 处温度, 基质温度日变化趋势基本一致, 自 06:00 持续上升, 到 18:00 时开始缓慢下降 (数据略)。从图 1 可以看出, 环境温度除第 2 周和第 3 周

外, 均高于基质温度。基质 6 和 7 的根际温度始终高于对照和其余基质, 尤其在种植初期, 随着时间的延续, 温差逐渐缩小, 第 1~6 周的温差达 2~4 °C, 且基质 6 的温度高于基质 7。栽培初期基质 6 和 7 的根际高温, 促使种球萌发速度快, 同时又抑制了茎生

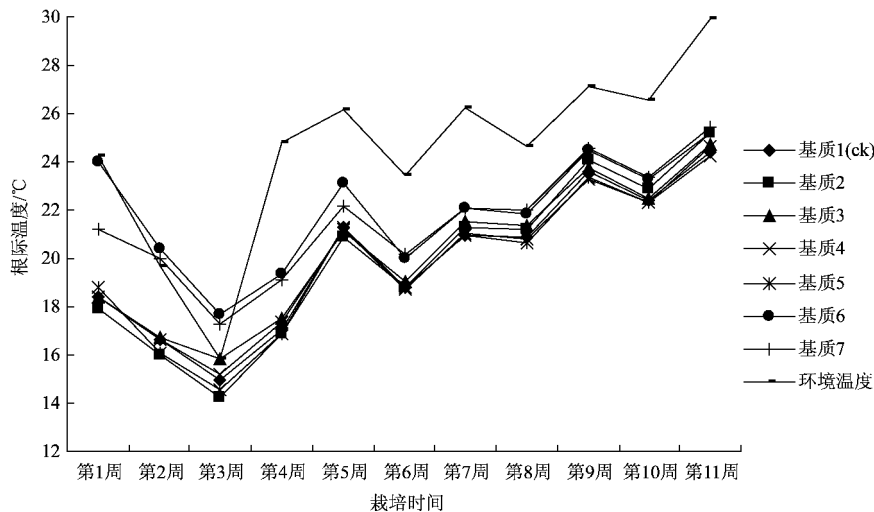


图 1 ‘Sorbonne’ 生长过程中不同混合基质根系附近基质平均周温度

Fig.1 Mean weekly temperatures near roots of different media during the growth of Lilium ‘Sorbonne’

根的发生及生长,减弱了根系吸收水分和养分的能力,最终导致地上部分生长发育不良。

## 2.8 基质成本核算

基质的成本主要由基质原材料的价格、运费及冲洗、粉碎等前处理费用以及人工费组成。考虑到实际购买原材料时麦秆、玉米秆等已经粉碎,且单价中包括运费,故用于本试验的混合基质成本核算依据公式:

$$P_r = (P_{r1}C_1 + P_{r2}C_2 + P_{r3}C_3 + P_{r4}C_4) / (C_1 + C_2 + C_3 + C_4)$$

式中:  $P_r$  为混合基质的成本,  $P_{r1}$ 、 $P_{r2}$ 、 $P_{r3}$  和  $P_{r4}$  为混合基质 4 种组分的单价,  $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$  和  $C_4$  为混合基质中 4 种组分所占比例。

从表 10 可以看出,无论是有机替代物还是无机基质的价格均低于泥炭的价格,除了泥炭其中椰糠的价格最高,占泥炭价格的 66.67%,河砂的价格最低,是泥炭的 22.22%。替代混合基质,即基质 3、4 和 5 的单位体积成本分别是 ck 价格的 86.33%、79.33% 和 52.67% (表 11)。这 3 种基质用于百合切花生产,能够在减少泥炭用量、提高切花品质的前提下,显著降低了生产成本,是优良的替代基质。

表 10 基质原材料价格

Tab. 10 Price of raw materials

基质原材料	原材料参考价格/(元·m <sup>-3</sup> )	原材料与泥炭价格比/%
泥炭	180	100
麦秆	80	44.44
玉米秆	90	50
椰糠	120	66.67
珍珠岩	80	44.44
蛭石	75	41.67
河砂	40	22.22

表 11 筛选出的混合基质成本

Tab. 11 Cost of selected ideal growing media

处理	基质成本/(元·m <sup>-3</sup> )	与 ck 价格比/%
基质 1 (ck)	150	100
基质 3	129.5	86.33
基质 4	119	79.33
基质 5	79	52.67

## 3 结论与讨论

通过对基质理化性质及其基质对东方百合 'Sorbonne' 生长发育和切花采后品质的综合评价指数来看,基质 3 (V(泥炭):V(蛭石):V(珍珠岩):V(麦秆) = 5:1:2:2)、基质 4 (V(泥炭):V(河砂):V(珍珠岩):V(玉米秆) = 4:1:2:3) 和基质 5 (V(椰糠):V(蛭石):V(河砂):V(珍珠岩) = 3:2:3:2) 均优于对照 (V(泥炭):V(珍珠岩) = 7:3), 并且从基质组成成分上来看,基质 3 和 4 分别减少了 29% 和

43% 的泥炭用量,而基质 5 则实现了泥炭的完全替代。这几种基质的理化性质差别较大,如基质密度介于 0.19 ~ 0.66 g/cm<sup>3</sup> 之间,总孔隙度、通气孔隙度、持水孔隙度分别介于 52% ~ 74%、15% ~ 27% 以及 36% ~ 47% 之间,大小孔隙比在 0.45 ~ 0.69 之间,pH 值则在 7.5 左右,而切花生长及品质的各项指标并未下降,表明百合 'Sorbonne' 的适应性较强。在一茬切花生产后,3 种基质的密度有所增加,总孔隙度基本没有变化,但通气孔隙度减少,持水孔隙度增大,表明麦秆、玉米秆和椰糠等在植物生长过程中发生降解,颗粒变小,体积减少,因此其相对稳定性不如对照基质。但由于百合切花的生产周期比较短,故没有对其生长产生影响。在基质重复使用时,建议消毒淋洗晾干后,再添加一定量的有机基质组分改善其物理性质。

无土栽培基质的选择主要从实用性和经济性 2 个方面考虑<sup>[14]</sup>。本试验筛选出的 3 种替代基质符合这 2 个条件。首先所选基质可以创造植物根系所需要的环境条件,满足植物根系的良好生长和正常的生理功能。在百合的生长发育过程中,茎生根是吸收水分和养分的主要器官,筛选出的 3 种替代基质中植株的茎生根均发育良好。而在基质 6 和 7 栽培的植株中,茎生根无论是数量还是质量都明显低于对照和其他处理,从而导致其地上部分茎、叶的生长不良。园艺学领域通常用“根冠比”来评价植物地上部分和地下部分生长的相关性。百合是球根花卉,地下有储藏器官鳞茎,栽植后从种球萌发直到切花采切,一方面鳞茎中贮存的养分逐渐被消耗来供给地上部分生长,一方面又发育新根来增加地下部分的生物量。结合茎生根的生长情况分析,基质 3 和 5 中植株的根冠比较小可能是由于其地下鳞茎消耗程度较大,而基质 6 中植株地下茎生根分布范围小,数量少,对鳞茎的消耗少,因此根冠比反而较大,与地上部分的表现不相吻合,说明“根冠比”不适宜作为百合等球根类花卉的生长评价指标。基质 6 和 7 的主成分菇渣,是非常易得的生产食用菌类的废料,尽管这 2 种基质的各种物理性质都可以满足一般植物生长的需要,但最终的产品质量较差,且切花产品表现出了一定的缺素症状,可能是有机组分降解导致基质温度持续较高所致。这也说明了不能简单的根据基质的 C/N (基质 6、7 的 C/N 分别是 9.45 和 6.01,对照基质是 9.82,均小于 30) 来判断基质的稳定性以及是否需要堆积发酵等前处理,还需要考虑有机质的化学组成<sup>[16]</sup>等方面的因素,这一点在后续的研究中需重点考虑。切花幼嫩部位出现脉间失绿的典

型缺铁症状,可能是基质高 pH 值导致营养液中的 Fe 离子形成不溶物,有效性降低<sup>[16]</sup>,出现缺素症。除考虑基质的实用性外,基质的经济性也是非常重要的。经济性方面,3种替代基质从单一替代组分到混合基质的成本均较对照降低,替代基质实现了降低基质成本 13%~47%,其中基质 5 因实现完全替代泥炭组分因而价格最低。

在花后 80 d 采收种球时发现生长在 3 种替代基质与对照基质中的种球各项指标差异不显著,周径均达 16~17 cm,鲜质量达 40~43 g,单位母球具 30~33 片鳞片,因此认为基质 3、4 和 5 还可以用于生产百合种球,尤其是基质 5,因不含泥炭,从中挖出的种球非常洁净,在低温冷藏处理前还可节省清洗的工序。

用来替代泥炭的主要组分是农林废弃物麦秆、玉米秆和椰糠,材料易得,价格较低廉,通过与无机基质按照一定比例混合,无需特殊处理即可直接用于百合切花生产,同时显著降低基质成本。这不仅扩大了农林废弃物资源循环利用的途径,更为重要的是又保护了环境。推广应用麦秆、玉米秆和椰糠等农林废弃物将极大地促进花卉产业的安全和环保。

#### 参 考 文 献

- [1] NICHOLS M A. Coir—a XXI<sup>ST</sup> century sustainable growing medium [J]. *Acta Hort*, 2007, 747:91–95.
- [2] OFFORD C A, MUIR S, TYLER J L. Growth of selected Australian plants in soilless media using coir as a substitute for peat [J]. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 1998, 38:879–887.
- [3] HWANG S J, JEONG B R. Growth of *Phalaenopsis* plants in five different potting media [J]. *J Jpn Soc Hort Sci*, 2007, 76(4): 319–326.
- [4] 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.
- [5] 康红梅. 切花月季无土栽培技术的研究——品种与基质筛选 [D]. 北京: 北京林业大学, 2001.
- [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] 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.
- [8] 张启翔, 孙向丽. 几种有机废弃物作为一品红代用基质的研究 [J]. *北京林业大学学报*, 2009, 31(3): 46–51.
- [9] 孙向丽, 张启翔. 菇渣和锯末作为丽格海棠栽培基质的研究 [J]. *土壤通报*, 2010, 41(1): 117–120.
- [10] 李晓强. 有机基质菇渣在现代化大型温室蔬菜无土栽培中的应用研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2006.
- [11] 唐芝荣. 城市污泥堆肥用于非洲菊无土栽培的研究 [D]. 南京: 南京农业大学, 2001.
- [12] BOHNE H. Influence of a peat-free substrate and kind of fertilizer on the nitrogen- and water balance and on plant growth [J]. *Europ J Hort Sci*, 2007, 72(2): 53–59.
- [13] BENITO M, MASAGURE 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.
- [14] 连兆煌, 李式军. 无土栽培原理与技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [15] 陶向新. 模糊数学在农业科学中的初步应用 [J]. *沈阳农业大学学报*, 1982, 13 (2): 96–107.
- [16] 江胜德. 现代园艺栽培介质: 选购与应用指南 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2006.

(责任编辑 董晓燕)