

# 不同配比复合基质对插管式立柱栽培 红梗叶恭菜生长的影响

王加倍<sup>1</sup>,王久兴<sup>2</sup>

(1. 南京农业大学 园艺学院,江苏 南京 210095; 2. 河北科技师范学院 园艺科技学院,河北 秦皇岛 066000)

**摘要:** 研究了基于草炭和蛭石的不同配比复合基质对插管式泡沫塑料立柱栽培的红梗叶恭菜生长的影响,结果表明:以  $V_{草炭}:V_{蛭石}=3:1$  复合基质所栽培的红梗叶恭菜表现最好,其株形较大,株高为 39.25 cm,开展度为 30.74 cm,叶片数为 11.54 片,叶面积为 420.96 cm<sup>2</sup>,茎粗为 13.25 mm,根长为 351.31 cm,根体积为 19.92 cm<sup>3</sup>;其生物积累量高,冠鲜质量为 172.85 g,根鲜质量为 32.25 g,总鲜质量为 205.10 g,冠干质量为 12.195 1 g,根干质量为 2.592 8 g,植株总干质量为 14.787 9 g;营养品质好,维生素 C 含量为 184.49 mg/kg,可溶性糖含量为 24.65 mg/g,可溶性蛋白含量为 2.99 mg/g。可见,用插管式泡沫塑料立柱栽培红梗叶恭菜时,采用  $V_{草炭}:V_{蛭石}=3:1$  复合基质最为适宜。

**关键词:** 红梗叶恭菜; 复合基质; 基质配比; 立柱栽培; 无土栽培

**中图分类号:** S636.9      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-3268(2019)01-0110-05

## Effect of Different Ratio of Compound Substrate on Growth of Red Leafstalk Spinach Beet via Intubation Column Cultivation

WANG Jiabei<sup>1</sup>, WANG Jiuxing<sup>2</sup>

(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

2. College of Horticulture, Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao 066000, China)

**Abstract:** The effect of different ratio of compound substrate consist of peat and vermiculite on the growth of red leafstalk spinach beet via intubation column cultivation was studied. The results showed that the most suitable ratio of  $V_{peat}:V_{vermiculite}$  was 3:1. The red leafstalk spinach beet cultivated with this compound substrate ratio had a larger plant shape, with plant height of 39.25 cm, width of 30.74 cm, leaf number of 11.54, leaf area of 420.96 cm<sup>2</sup>, stem diameter of 13.25 mm, root length of 351.31 cm, root volume of 19.92 cm<sup>3</sup>. The plant biological accumulation was relatively higher, with crown fresh weight of 172.85 g, root fresh weight of 32.25 g, fresh weight of 205.10 g, crown dry weight of 12.195 1 g, root dry weight of 2.592 8 g, gross dry weight of 14.787 9 g. A high nutritional quality was achieved with vitamin C content of 184.49 mg/kg, soluble sugar of 24.65 mg/g, soluble protein of 2.99 mg/g. So, the optimal compound substrate ratio towards red leafstalk spinach beet cultivated by intubation column cultivation was  $V_{peat}:V_{vermiculite}=3:1$ .

**Key words:** Red leafstalk spinach beet; Compound substrate; Substrate ratio; Column cultivation; Soil-less culture

立柱式无土栽培对空间利用率高,观赏效果好,是国内外都市农业中一种重要的栽培形式。目前,主要有水培型叠盆式立柱、基质型叠盆式立柱和插管式泡沫塑料立柱 3 种类型<sup>[1-3]</sup>。其中,插管式泡沫

收稿日期:2018-10-20  
基金项目:河北省教育厅本科高校质量工程(央补)-园艺专业综合改革试点项目(018206-181131-182144)  
作者简介:王加倍(1999-),女,河北保定人,本科,主要从事观赏园艺植物研究。E-mail:614240624@qq.com  
通信作者:王久兴(1969-),男,河北唐山人,教授,硕士,主要从事无土栽培研究。E-mail:ivps999@163.com

塑料立柱由聚苯乙烯泡沫塑料、聚氨酯、PVC 管、无纺布等材料经切割、组装而成。设计合理,结构巧妙,具有多个突出优点:其一,较好地解决了植物根际气水矛盾,且基质对营养液酸碱度、电导度变化有一定缓冲能力;其二,营养液从基质下部渗入,基质表面积盐较轻,“烂茎”情况较少;其三,制作方便,造价低廉,单柱成本仅百元左右,同样高度的工程塑料材质或 PVC 材质叠盆盆式立柱造价则高达 500 ~ 1 000 元。因此,自出现以来,插管式泡沫塑料立柱深受都市观光农业领域欢迎<sup>[4]</sup>。插管式立柱栽培设施为营养液循环使用的封闭系统,供液时营养液从立柱顶部进入下部流出,在流经立柱内部的聚氨酯层时,营养液被吸持,并从每根插管下部浸润基质,因此,严格讲插管式立柱栽培是介于基质培与水培之间的一种特殊无土栽培形式,可以称作半基质培或基质水培<sup>[5]</sup>。这一特点与营养液外排的基质型叠盆式立柱和普通复合基质槽培完全不同。

对所有使用基质的无土栽培形式而言,基质的构成和配比都对栽培效果有重要影响<sup>[6-9]</sup>。尤其是插管式立柱栽培系统,其养分依靠循环使用的营养液供应,基质的主要作用是提供良好的根际气水环境<sup>[4]</sup>。栽培实践中也发现,如果插管式立柱所用的基质持水能力差,则基质易缺水,蔬菜生长缓慢,整

齐度较差,产量及观赏性降低;反之,如果基质持水力过强,则基质通气性变差,会抑制根系呼吸,影响养分吸收,甚至发生沤根现象。可见,插管式立柱栽培对所用基质的物理性质要求严格且独特。鉴于此,以都市观光农业常用的红梗叶恭菜为试材,以草炭、蛭石为原料,探索适宜的基质配比,为插管式立柱栽培技术的推广提供参考。

1 材料和方法

1.1 材料

以红梗叶恭菜(*Beta vulgaris* L. var. *cicla* Koch.) 为试材,品种为台湾红梗菜。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验于 2017 年 6 月 9 日—8 月 5 日,在河北科技师范学院园艺试验站无土栽培基地进行。采用随机区组设计试验。用草炭、蛭石作为配制复合基质的原料,按不同体积比设置 5 个处理,测定各处理复合基质的物理性质指标<sup>[10-11]</sup>,结果如表 1 所示。重复 3 次。每小区设置 5 个立柱,间隔距离 1 m,每个立柱上定植 52 株红梗叶恭菜。达到采收标准后,每个立柱上、中、下部位分别随机取 2 株,即每个立柱共取 6 株,每个小区共取 30 株测量指标,求取平均值。

表 1 不同处理复合基质的物理性质  
Tab.1 Physical properties of the different ratio of compound substrate

处理编号 Treatment number	$V_{\text{草炭}}:V_{\text{蛭石}}$ $V_{\text{peat}}:V_{\text{vermiculite}}$	容重/(g/cm <sup>3</sup> ) Bulk density	总孔隙度/% Total porosity	通气孔隙度/% Aeration porosity	持水孔隙度/% Water retaining porosity	气水比 Gas-water ratio
1	4:1	0.706	70.45	7.15	63.30	1.113
2	3:1	0.645	74.50	8.83	65.70	0.134
3	2:1	0.622	79.64	28.74	50.90	0.565
4	1:1	0.589	83.09	48.82	36.27	1.346
5	1:2	0.542	87.81	55.08	32.73	1.683

1.2.2 管理方法 采用常规穴盘育苗方法,以 128 孔穴盘为育苗容器,用草炭和蛭石配制成育苗基质。采用河北科技师范学院根据北方地下水水质研制的营养液配方,苗期浇灌 1 000 μs/cm 营养液,定植后改为 2 000 μs/cm<sup>[12-13]</sup>。待苗长至 3 片真叶时,按不同处理配制栽培基质,并装填插管,将幼苗定植于插管之中,再将插管插入立柱侧壁的定植孔中。生长期进行常规管理,营养液每天白天循环 3 次,每次 30 min(图 1、图 2)。

1.2.3 测定指标及方法 定植后 20 d,红梗叶恭菜长满立柱,达到适宜观赏和食用标准时,测定各个指标。

形态指标包括:叶片数、最大叶面积、株高、开展度、根长、根体积、茎粗。其中,叶片数以叶长超过 10 cm 的展开叶片计数,叶面积则选被测株最大叶片,用叶面积测定仪测量。生物积累量指标包括:冠鲜质量、根鲜质量、植株总鲜质量、冠干质量、根干质量、植株总干质量。测量干质量时,先在 105 ℃ 下杀青 10 min,然后在 80 ℃ 下烘干至恒定质量。品质指标中,硝酸盐含量采用沸水浸提,紫外分光光度法测定<sup>[14]</sup>;维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定<sup>[15]</sup>;可溶性蛋白含量用考马斯-G250 染色法测定,可溶性糖含量用蒽酮比色法测定<sup>[16]</sup>。



图 1 插管式泡沫塑料立柱栽培红梗叶恭菜的生长状态  
Fig. 1 Growth status of red leafstalk spinach beet by intubation column cultivation



图 2 插管、基质及红梗叶恭菜  
Fig. 2 Spile, substrate and red leafstalk spinach beet

用 DPS 数据处理系统进行方差分析和 LSD 差异显著性测验。

2 结果与分析

2.1 不同配比复合基质对红梗叶恭菜植株形态指标的影响

如表 2 所示,处理 2 各指标均表现最好,其株高为 39.25 cm,开展度为 30.74 cm,叶片数为 11.54 片,叶面积为 420.96 cm<sup>2</sup>,茎粗为 13.25 mm,根长为 351.31 cm,根体积为 19.92 cm<sup>3</sup>,分别显著或极显著高于其他各处理。表现较好的是处理 1、处理 3,其中处理 3 的开展度、叶片数、茎粗、根长、根体积与处理 2 差异极显著。这说明,从植株形态角度看,对于插管式立柱栽培,采用  $V_{草炭}:V_{蛭石}=3:1$  复合基质所栽培的红梗叶恭菜株型大,根量大,生长迅速,长势强,能较快地达到观赏和采收标准。

2.2 不同配比复合基质对红梗叶恭菜生物积累量的影响

如表 3 所示,处理 2 的各个生物积累量指标表现最好,除冠干质量、植株总干质量与处理 1 无显著差异外,其他各指标均极显著地高于其他各处理,其冠鲜质量为 172.85 g,根鲜质量为 32.25 g,植株总鲜质量为 205.10 g,冠干质量为 12.195 1 g,根干质量为 2.592 8 g,植株总干质量为 14.787 9 g。处理 1 次之。处理 5 的各指标显著或极显著低于其他各处理。这说明,从生物积累量角度看,采用  $V_{草炭}:V_{蛭石}=3:1$  复合基质所栽培的红梗叶恭菜的生物积累量高,尤其是冠鲜质量即经济产量高。

表 2 不同配比复合基质对红梗叶恭菜植株形态指标的影响

Tab. 2 Effects of different ration of compound substrate on the morphological indexes of red leafstalk spinach beet

处理编号 Treatment number	株高/cm Plant height	开展度/cm Plant diameter	叶片数/片 Leaf number	最大叶面积/cm <sup>2</sup> Maximum leaf area	茎粗/mm Stem diameter	根长/mm Root length	根体积/cm <sup>3</sup> Root volume
1	34.78bA	26.31bAB	7.12bB	325.07cBC	10.23bB	262.51bB	15.79bB
2	39.25aA	30.74aA	11.54aA	420.96aA	13.25aA	351.31aA	19.92aA
3	27.33cB	24.40bB	6.76bB	342.35bB	9.10bB	257.55bB	15.34bB
4	22.95dBC	15.64cC	6.48bcB	326.55cBC	8.11bB	249.32bB	10.54cC
5	20.08dC	10.15dD	4.15cB	305.94dC	8.29bB	255.75bB	8.12dC

注:同列数据后不同大、小写字母表示在 0.01、0.05 水平差异显著,下同。  
Note: Values followed by a different capital,small letter are significantly different at the 0.01 and 0.05 probability, respectively. The same below.

2.3 不同配比复合基质对红梗叶恭菜营养品质指标的影响

由表 4 可见,红梗叶恭菜叶片的维生素 C 含量以处理 1 最高,处理 2 次之,两者差异显著。可溶性糖含量以处理 2 最高,显著或极显著高于其他处理,其他处理间存在显著差异。可溶性蛋白含量以处理

2 最高,极显著高于其他处理。各处理之间硝酸盐含量存在显著差异,大小顺序为处理 1 > 处理 2 > 处理 3 > 处理 5 > 处理 4。这说明,处理 1、处理 2 的品质虽然较好,可是硝酸盐含量也比其他处理高,但并没有超出国家《农产品安全质量无公害蔬菜安全要求》(GB 18406.1—2001)对硝酸盐含量的限量。

表 3 不同配比复合基质对红梗叶恭菜生物积累量的影响

Tab.3 Effects of different ratio of compound substrate on the biological accumulation of red leafstalk spinach beet g						
处理编号 Treatment number	鲜质量 Fresh weight			干质量 Dry weight		
	冠鲜质量 Crown fresh weight	根鲜质量 Root fresh weight	植株鲜质量 Plant fresh weight	冠干质量 Crown dry weight	根干质量 Root dry weight	植株干质量 Plant dry weight
1	158.58bB	27.15bB	185.73bB	11.283 1aA	2.215 5bB	13.498 6aA
2	172.85aA	32.25aA	205.10aA	12.195 1aA	2.592 8aA	14.787 9aA
3	130.61cC	25.13bB	155.74cC	8.795 1bB	2.151 2cB	10.946 3bB
4	120.11cC	20.14cC	140.25cC	8.148 4bcB	1.653 7dC	9.802 1bcB
5	95.22dD	17.27dC	112.49dD	6.876 1cB	1.318 1eD	8.194 2cB

表 4 不同配比复合基质对红梗叶恭菜营养品质指标的影响

Tab.4 Effects of different ratio of compound substrate on nutritional quality indexes of red leafstalk spinach beet				
处理编号 Treatment number	维生素 C 含 量/(mg/kg) Vitamin C content	可溶性糖含 量/(mg/g) Soluble sugar content	可溶性蛋白 含量/(mg/g) Soluble protein content	硝酸盐含 量/(mg/kg) Nitrate content
1	199.75aA	22.40bAB	2.15cBC	418.26aA
2	184.49bA	24.65aA	2.99aA	396.09aAB
3	174.02cB	16.92dD	2.51bB	368.21bBC
4	166.87dBC	20.21cBC	2.11cBC	309.52dD
5	160.44dC	18.65dCD	1.94cC	336.90cCD

3 结论与讨论

本试验结果表明,利用泡沫塑料插管式立柱进行红梗叶恭菜的复合基质栽培时,最适宜的基质配比是  $V_{\text{草炭}}:V_{\text{蛭石}}=3:1$ ,红梗叶恭菜株形较大,株高为 39.25 cm,开展度为 30.74 cm,叶片数为 11.54 片,叶面积为 420.96 cm<sup>2</sup>,茎粗为 13.25 mm,根长为 351.31 cm,根体积为 19.92 cm<sup>3</sup>;其生物积累量高,冠鲜质量为 172.85 g,根鲜质量为 32.25 g,总鲜质量为 205.10 g,冠干质量为 12.195 1 g,根干质量为 2.592 8 g,植株总干质量为 14.787 9 g;营养品质好,其维生素 C 含量为 184.49 mg/kg,可溶性糖含量为 24.65 mg/g,可溶性蛋白含量为 2.99 mg/g。

我国无土栽培主要包括水培和基质栽培两大类,其中基质栽培占 95% 以上<sup>[17]</sup>。但在都市观光农业领域,兼顾成本的同时更注重观赏效果,插管式立柱栽培成本低,综合了水培和基质栽培的优点,具有较广的发展前景。对于主要依靠营养液而不是基质提供养分的基质栽培,基质的主要功能是为蔬菜根系提供适宜的气水环境,解决根系吸收水分和呼吸的矛盾,因此需要通过合理配比,形成适宜的孔隙度和气水比。具体栽培形式不同,所栽培蔬菜不同,对基质组分及配比的要求均不相同<sup>[18-25]</sup>。另外,由于配制复合基质的原料如草炭、蛭石的来源不同,其

本身的物理性质存在差异。因而,在配制插管式立柱红梗叶恭菜栽培所用复合基质时,虽然可以参考本研究的最佳配比,更重要的是,应以本研究所得最佳配比基质所对应的孔隙度、气水比等物理指标为标准,结合所用材料物理性质,微调配比,配制复合基质。

参考文献:

[1] 王久兴,宋士清. 无土栽培[M]. 北京:科学出版社, 2016:186-193.

[2] CALLEJA E J,ILBERY B,MILLS P R. Agricultural change and the rise of the British strawberry industry,1920—2009 [J]. Journal of Rural Studies,2012,28(4):603-611.

[3] 王志伟. 有机生态型叠盆式立柱栽培技术[J]. 北方园艺,2008,32(1):93.

[4] 王久兴,王子华,尚玉锋. 插管式栽培柱立体无土栽培系统的研制与应用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2003,34(4):489-493.

[5] 刘士哲. 现代实用无土栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2001:184-185.

[6] AI-AJLOUNI M G,AYAD J Y,OTHMAN Y A. Particle size of volcanic tuff improves shoot growth and flower quality of asiatic hybrid lily using soilless culture [J]. HortTechnology,2017,27(2):223-227.

[7] 匡石滋,赖多,邵雪花. 不同有机基质配比对菜心幼苗生长及质量的影响[J]. 农学学报,2018,8(2):25-28.

[8] 周静,史向远,王保. 几种有机物料与市售草炭基质理化性状比较分析[J]. 北方园艺,2016(5):186-190.

[9] 梁海恬,何宗均,高贤彪,等. 菇渣、草炭、蛭石混合基质化处理产物对番茄苗期发育特性的影响[J]. 华北农学报,2015,30(4):194-199.

[10] 栾亚宁,孙向阳,刘克林,等. 几种泥炭基质物理性质比较研究[J]. 中国农学通报,2008,24(9):137-140.

[11] 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.

[12] 赵鹏雪,钱永强,王久兴,等. 基于北方地下水的营养

液配方对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 农业工程技术, 2017(7):82-85.

[13] MOYA C, OYANEDEL E, VERDUGO G, *et al.* Increased electrical conductivity in nutrient solution management enhances dietary and organoleptic qualities in soilless culture tomato[J]. HortScience, 2017, 52(6):868-872.

[14] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理局. GB 5009. 33—2016 食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2004.

[15] 陈钧辉, 李俊. 生物化学实验[M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2014:186-187.

[16] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005:142.

[17] 蒋卫杰, 邓杰, 余宏军. 设施园艺发展概况、存在问题与产业发展建议[J]. 中国农业科学, 2015, 48(17):3515-3523.

[18] 童贯和, 张科贵, 刘天娇, 等. 新型无土栽培基质配比对 4 种叶菜类蔬菜生长发育和产量的影响——以煤矸石、油菜秸秆等组成的栽培基质为例[J]. 农业现代化研究, 2012, 33(6):762-765.

[19] 胡婷婷. 栽培基质对几种蔬菜有机生态型无土栽培的影响[D]. 延吉: 延边大学, 2015.

[20] 杨梦珂, 郑思俊, 张青萍, 等. 应用于垂直绿化栽培的基质保肥性研究[J]. 河南农业科学, 2017, 46(11):120-126.

[21] 忻龙祚, 金亚征, 常美花, 等. 葡萄枝屑栽培平菇的产量及营养成分效应研究[J]. 河南农业科学, 2017, 46(6):93-97.

[22] 孙军利, 章智钧, 张坤, 等. 不同配方基质的理化性质及其对草莓生长的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(3):118-121, 128.

[23] 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.

[24] 赵婧, 仪泽会, 毛丽萍. 番茄穴盘育苗基质筛选试验[J]. 山西农业科学, 2018, 46(11):1878-1881.

[25] 吕英忠, 陈冲, 郭宝贝, 等. 不同基质配方对苹果幼苗植株生长特性和光合特性的影响[J]. 山西农业科学, 2018, 46(1):58-61.

(上接第 83 页)

[18] 李合生. 植物生理生化实验原理与技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.

[19] 陈年来, 乃小英, 张玉鑫, 等. 植物源诱导剂对甜瓜叶片防卫酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(10):2016-2021.

[20] MUTHUKUMAR A, ESWARAN A, SANGEETHA G. Induction of systemic resistance by mixtures of fungal and endophytic bacterial isolates against *Pythium aphanidermatum* [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2011, 33:1933-1944.

[21] 覃柳燕, 郭成林, 黄素梅, 等. 棘孢木霉菌株 PZ6 对香蕉促生效应及枯萎病室内防效的影响[J]. 南方农业学报, 2017, 48(2):277-283.

[22] 李新, 司龙亭. 黄瓜不同品种苗期感染枯萎病菌后几种酶活性的变化[J]. 华北农学报, 2007, 22(S):9-11.

[23] 侯茜, 羊杏平, 张曼, 等. 西瓜幼苗根系防御酶活性变化与枯萎病抗性的关系[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12):147-149.

[24] 孙正祥, 王丰, 周焱. 内生菌 XG-1 对西瓜枯萎病诱导抗性的研究[J]. 河南农业科学, 2013, 42(3):71-75.

[25] 云兴福. 黄瓜组织中氨基酸、糖和叶绿素含量与其对霜霉病抗性的关系[J]. 华北农学报, 1993, 8(4):52-58.

[26] 房保海, 张广民, 迟长风, 等. 烟草低头黑病菌毒素对烟草丙二醛含量和某些防御酶的动态影响[J]. 植物病理学报, 2004, 34(1):27-31.

[27] 齐绍武, 官春云, 刘春林. 甘蓝型油菜品系一些酶的活性与抗菌核病的关系[J]. 作物学报, 2004, 30(3):270-273.

[28] 卢慧, 伍冰倩, 王伊帆, 等. 富氢水处理对采后番茄果实灰霉病抗性的影响[J]. 河南农业科学, 2017, 46(2):64-68.

[29] 王生荣, 朱克恭. 植物系统获得抗病性研究进展[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(2):32-35.

[30] 陈年来, 胡敏, 代春艳, 等. 诱抗处理对甜瓜叶片酚类物质代谢的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(11):1759-1766.

[31] 许勇, 王永健, 葛秀春, 等. 枯萎病菌诱导的结构抗性和相关酶活性的变化与西瓜枯萎病抗性的关系[J]. 果树科学, 2000, 17(2):123-127.

[32] 马艳玲, 吴凤芝. 枯萎病菌对不同抗性黄瓜品种苯丙氨酸解氨酶的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(3):335-338.

[33] 刘亚光, 李海英, 杨庆凯. 大豆品种的抗病性与叶片内苯丙氨酸解氨酶活性关系的研究[J]. 大豆科学, 2002, 21(3):195-198.