

# 不同花生壳基质配比对西瓜生长、产量和品质的影响

周璐瑶, 赵士文, 杜清洁, 张 静, 王吉庆, 肖怀娟, 李娟起, 李 猛

(河南农业大学园艺学院 郑州 450002)

**摘要:** 为筛选适宜西瓜生长的花生壳复配基质, 以早春红玉为试验材料, 以土壤栽培为对照(CK), 研究了花生壳、牛粪有机肥体积比为 75:25(T1)、65:35(T2)、50:50(T3)和 30:70(T4)4 种基质配比处理下西瓜生长、产量和品质的变化。结果表明, 与 CK 相比, 在 T1 和 T2 处理下西瓜植株生长无显著差异, 但产量显著提高, 果实品质有所改善, T2 处理下维生素 C 含量、有机酸含量、果实边部及中心可溶性固形物含量和果形指数最高, 分别为 CK 的 1.70、2.11、1.20、1.07 和 2.49 倍; T3 和 T4 处理下植株生长减弱, T4 处理下产量和果实边部可溶性固形物含量也比 CK 显著下降。通过综合评价, 得分由高到低依次为 T2、T1、CK、T3 和 T4。综上所述, 以花生壳和牛粪有机肥为材料复配西瓜栽培基质时, 花生壳配比适宜范围为 65%~75%。

**关键词:** 西瓜; 花生壳; 无土栽培; 基质配比

中图分类号: S651

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2022)06-029-06

## Peanut shell substrate ratio affects growth, yield and quality of watermelon

ZHOU Luyao, ZHAO Shiwen, DU Qingjie, ZHANG Jing, WANG Jiqing, Xiao Huaijuan, LI Juanqi, LI Meng

(College of Horticulture, Henan Agriculture University, Zhengzhou 450002, Henan, China)

**Abstract:** This study was aimed to select a suitable composite substrate ratio for watermelon cultivation. The changes of watermelon Zaochunhongyu growth and physiological parameters were studied under the peanut shells: organic fertilizer (volume ratio) of 75:25 (T1), 65:35 (T2), 50:50 (T3), and 30:70 (T4), and with soil cultivation (CK). The results showed that compared with CK treatment, T1 and T2 treatment had no significant effect on plant growth, but the yield and fruit quality significantly enhanced under T1 and T2 treatments. The vitamin C content, organic acid content, soluble solids content of flesh near rind and fruit shape index reached the highest under T2 treatment, which were 1.70, 2.11, 1.20, 1.07 and 2.49 times that of CK, respectively. Plant growth was inhibited under T3 and T4 treatments. Yield and soluble solids content of flesh near rind also decreased significantly under T4 treatment. Finally, the optimal soil mix formulation was evaluated by using principal component analysis combined with membership function method, and the scores were T2, T1, CK, T3 and T4 from the highest to the lowest. In summary, when using peanut shell and cow manure organic fertilizer as watermelon cultivation substrate, the suitable range of peanut shell ratio is 65%-75%.

**Key words:** Watermelon; Peanut shell; Soilless culture; Substrate proportion

基质是无土栽培的基础与核心, 是能为植物提供稳定协调的水、气、肥结构的生长介质, 除了支持、固定植株外, 还可提供营养, 并中转外来的养分、水分, 植物根系可按需选择吸收<sup>[1-4]</sup>。无土栽培基质中常用的草炭是一种不可再生资源, 现在面临枯竭的风险<sup>[5-8]</sup>。花生是我国第一大油料作物, 2017年以后全国产量在 1700 万 t 以上<sup>[9]</sup>。花生壳是花生加工生产中的副产物, 约占花生果实质量的 30%左

右, 但目前大部分被当作废弃物, 只有少部分作为饲料或燃料, 综合利用率低, 造成资源浪费<sup>[10-11]</sup>。花生壳基质含有丰富的氮、碳、钾和中微量元素, 其保持和供应养分的能力、对酸碱的缓冲性能较好<sup>[12-13]</sup>。开发替代草炭的花生壳栽培基质, 有利于减少环境的污染和实现花生壳的资源化利用。

目前, 花生壳基质的研究多集中于番茄、瓜类等育苗基质。冯雪峰等<sup>[14]</sup>研究发现, 以牛粪、花生

收稿日期: 2022-01-23; 修回日期: 2022-05-11

基金项目: 河南省科技攻关项目(212102110404); 河南省大宗蔬菜产业体系首席专家项目(S2021-03)

作者简介: 周璐瑶, 女, 在读硕士研究生, 主要从事设施园艺生理生态的研究。E-mail: 18860363378@163.com

通信作者: 杜清洁, 男, 讲师, 主要从事设施园艺生理生态的研究。E-mail: dujq91@163.com

壳、蛭石、通用基质体积比为2:2:4:2配成的基质,有利于番茄幼苗的生长,长势最强,其株高、茎粗、地上地下部干鲜质量、壮苗指数、出苗率最高,可用作番茄育苗基质。吴永升等<sup>[15]</sup>研究发现,以牛粪、花生壳粉、草炭、蛭石、珍珠岩体积比为20:20:40:15:5的复配基质,各项理化性质符合瓜类蔬菜幼苗生长要求。杨红丽等<sup>[16]</sup>研究发现,以花生壳、牛粪和蛭石为基质(花生壳、牛粪、蛭石体积比为3:3:2)进行番茄穴盘育苗,配以品质较好的复合肥,可以达到理想的番茄育苗效果。周克福等<sup>[17]</sup>研究发现,以常用的草炭、珍珠岩育苗基质为对照,草炭、珍珠岩、花生壳体积比为1:1:1的混合基质,具有容重小、孔隙度大的特点,且其盐浓度、pH值均在番茄幼苗生长的适宜范围内。虽然花生壳在育苗基质方面已有较深入的研究,但是其在栽培基质方面的研究却很少。

因此,笔者以花生壳和牛粪有机肥为原料,研究了不同配比下西瓜生长、产量和品质的变化,以期筛选出最佳基质的配比,为花生壳的资源化利用提供依据和参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验时间、地点

试验于2021年3—7月在河南省濮阳市台前县夹河乡于楼村日光温室内进行。河南濮阳属于温带季风型气候,阳光充足,3—7月平均气温在21~33℃。

### 1.2 材料

以西瓜品种早春红玉为试验材料,由河北茂华种业有限公司提供;所用花生壳原料购买自当地,粉碎至粒径1cm左右直接使用,基本理化性质为:容重 $0.17\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、EC $1.15\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 和pH 7.6。牛粪有机肥由河南田金生物科技有限公司提供,基本理化性质为:容重 $0.57\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、EC $3.58\text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ 、pH 8.14。

### 1.3 方法

设置花生壳和牛粪有机肥4个不同配比(体积比)处理,分别为T1(花生壳:牛粪有机肥=75:25)、T2(花生壳:牛粪有机肥=65:35)、T3(花生壳:牛粪有机肥=50:50)、T4(花生壳:牛粪有机肥=30:70)处理,以土壤栽培为对照(CK)。每个试验小区面积 $13\text{ m}^2$ (长 $10\text{ m}\times$ 宽 $1.3\text{ m}$ ),小区内包含2个定植沟,定植沟间距 $15\text{ cm}$ ,每个定植沟规格为 $20\text{ cm}\times 20\text{ cm}\times 10\text{ m}$ (下底宽、高、长),装填基质前沟内铺黑白膜,

在膜中间每隔 $10\text{ cm}$ 打直径 $5\text{ mm}$ 的渗水孔。每定植沟种植1行(即行距为 $35\text{ cm}$ ),定植株距 $35\text{ cm}$ ,每小区54株。CK处理采用一垄双行吊蔓栽培,行距 $35\text{ cm}$ ,株距 $35\text{ cm}$ 。随机区组排列,3次重复。定植后栽培管理统一进行,开花后采用氯吡脲蘸花,每株留1个瓜。每2d灌水1次,在西瓜蘸花后每周施肥1次。

### 1.4 项目测定及方法

1.4.1 西瓜植株及果实形态指标的测定 分别于定植后11、26、41、56d,每小区随机选取3株测定株高。在定植后11d,选取同一叶位新生叶片,每5d测定1次叶长和叶宽,根据宋吉清等<sup>[18]</sup>的方法计算单叶面积。蘸花后3d开始,每10d测定1次瓜周长。

1.4.2 西瓜品质和产量的测定 在果实成熟期,每小区选取3个成熟度一致的西瓜测定品质指标。西瓜纵径和横径用游标卡尺测定;西瓜果实边部和中心可溶性固形物含量用数显折射仪ATAGO PAL- $\alpha$ 测定。根据高俊凤<sup>[19]</sup>的方法对以下指标进行测定:果实可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;有机酸含量采用酸碱滴定法测定;可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝G-250法测定;维生素C含量采用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定。每小区随机选取3株测定西瓜单株产量,折算 $667\text{ m}^2$ 产量。

### 1.5 数据处理

采用DPS 7.5统计软件对数据进行单因素方差分析,处理间差异采用Duncan's检验。

由于不同指标的计量单位不同,数据量纲也不一致,不便于进行分析。因此,在进行综合评价前,单叶面积、瓜周长、产量、可溶性糖含量、可溶性蛋白含量、维生素C含量、果实边部可溶性固形物含量、果实中心可溶性固形物含量和果形指数(由于打顶后各处理株高差异不显著,故株高不作为综合评价基础指标)根据马庆华等<sup>[20]</sup>的方法对数据进行转化: $N=(X-X_{\min})/(X_{\max}-X_{\min})$ ,其中: $X_{\max}$ 为指标中最大值; $X_{\min}$ 为指标中最小值; $N$ 为该指标的相对值。

各指标数据经无量纲转化后,利用主成分分析法和模糊隶属函数法对各处理西瓜生长状况进行综合评价。计算公式如下:

$$U_{ij}=(C_{ij}-C_{j\min})/(C_{j\max}-C_{j\min});$$

$$W_j=P_j/\sum P_j;$$

$$D_i=\sum U_{ij}\times W_j。$$

式中, $C_{ij}$ 是第*i*个品种第*j*个主成分值; $C_{j\min}$ 是

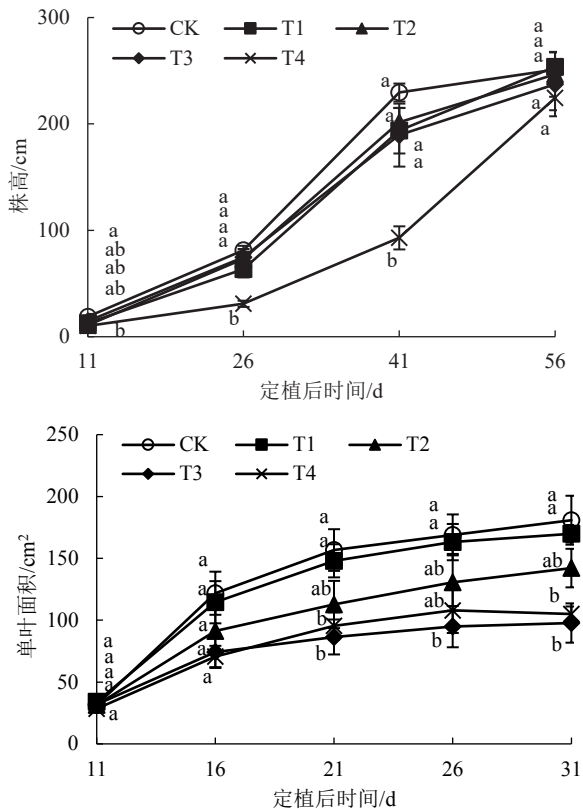
第 $j$ 个主成分值的最小值; $C_{jmax}$ 是第 $j$ 个主成分值的最大值; $U_{ij}$ 是第 $i$ 个处理第 $j$ 个主成分的隶属值; $P_j$ 是第 $j$ 个主成分的特征值; $W_j$ 是第 $j$ 个主成分的权重; $D_i$ 是第 $i$ 个处理的综合评价得分<sup>[21]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同花生壳基质配比对西瓜植株形态的影响

由图1可以看出,定植后11、26、41 d,CK、T1、T2和T3处理间株高差异均不显著,而T4处理下株高均显著低于其他处理。定植后56 d,由于CK、T1、T2和T3处理已打顶,T4处理下株高与其他处理间无显著差异。

不同花生壳基质配比对西瓜单叶面积影响不同。在定植后16、21、26、31 d,单叶面积均在CK和T1处理下最大,T2处理下次之,T3和T4处理下最小。在定植后31 d时,CK、T1、T2、T3和T4处理下单叶面积分别是定植后11 d的5.7、5.0、4.5、3.1和3.7倍。



注:小写字母表示同一时间下不同处理在0.05水平差异显著。下同。  
图1 不同花生壳基质配比对西瓜株高和单叶面积的影响

### 2.2 不同花生壳基质配比对西瓜果实生长和产量的影响

从图2可以看出,不同花生壳基质配比处理可影响西瓜果实的生长。CK、T1、T2和T3处理下在

蘸花后13 d内瓜周长增长最快,而T4处理下在蘸花后13~23 d增长最快,且T4处理下瓜周长始终显著低于其他处理。在蘸花后33 d即西瓜果实采收时,T1、T2、T3和T4处理下瓜周长分别为CK的105%、112%、100%和71%。

不同花生壳基质配比处理下西瓜的产量有显著性差异。T1处理下西瓜产量最高,达5670 kg·667 m<sup>-2</sup>,T2、T3处理下的西瓜产量较CK也显著提高,而T4处理相较于CK产量显著降低。

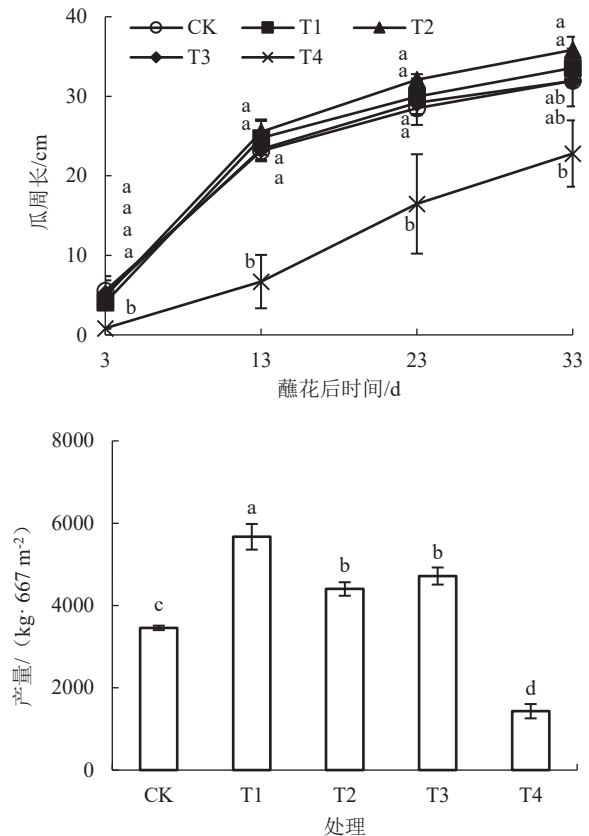


图2 不同花生壳基质配比对西瓜瓜周长和产量的影响

### 2.3 不同花生壳基质配比对西瓜果实品质的影响

与CK处理相比,不同花生壳基质配比处理对可溶性糖含量无显著影响,但T1处理下可溶性糖含量显著高于T2、T3和T4处理。除T3处理的可溶性蛋白含量显著低于CK和T2处理外,其他各处理间均无显著差异。维生素C含量在T2处理下最大,为CK的1.7倍,而在T1处理下最低,较CK显著降低30%,其他处理与CK差异不显著。有机酸含量在T2处理下最高,T3处理次之,CK处理最低,且T2、T3和CK间差异达显著水平。果实边部和中心可溶性固形物含量均在T1和T2处理有较高值,而T4处理最低,差异达显著水平。各花生壳基质配比处理下西瓜果形指数均显著高于CK(表1)。

表1 不同花生壳基质对比对西瓜果实品质的影响

处理	w(可溶性糖)/ (mg·g <sup>-1</sup> )	w(可溶性蛋白)/ (μg·g <sup>-1</sup> )	w(维生素C)/ (mg·100g <sup>-1</sup> )	w(有机酸)/%	w(果实边部可 溶性固形物)/%	w(果实中心可 溶性固形物)/%	果形指数
CK	11.66±2.16 ab	10.80±0.10 a	13.33±1.33 b	0.20±0.00 c	9.90±0.07 b	11.38±0.06 bc	0.63±0.01 c
T1	15.16±1.81 a	10.40±0.30 ab	9.33±1.33 c	0.25±0.02 bc	11.85±0.15 a	12.90±0.20 a	1.68±0.13 a
T2	10.27±1.52 b	11.00±0.30 a	22.67±1.33 a	0.42±0.02 a	11.85±0.15 a	12.20±0.20 ab	1.57±0.08 a
T3	10.74±0.99 b	10.30±0.30 b	14.67±1.33 b	0.29±0.02 b	10.45±0.15 b	11.50±0.20 bc	1.79±0.15 a
T4	10.79±1.14 b	10.60±0.10 ab	18.67±1.33 ab	0.22±0.02 bc	8.20±0.60 c	10.80±0.10 c	0.91±0.01 b

注:同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

2.4 不同花生壳基质对比对西瓜影响的综合评价

从各指标间相关性分析结果可以看出(表2),瓜周长与产量、瓜周长与果实边部可溶性固形物含量、产量与果实边部可溶性固形物含量、667 m<sup>2</sup>产量

与果实中心可溶性固形物含量、果实边部与中心可溶性固形物含量间相关系数分别为 0.87、0.94、0.92、0.88 和 0.93,均达显著或极显著水平,而可溶性糖含量和维生素 C 含量间呈显著负相关。这表

表2 各指标间相关性分析

指标	单叶 面积	瓜周长	667 m <sup>2</sup> 产量	可溶性 糖含量	可溶性蛋 白含量	维生素 C 含量	有机酸 含量	果实边部可溶 性固形物含量	果实中心可溶 性固形物含量	果形 指数
单叶面积	1.00									
瓜周长	0.48	1.00								
667 m <sup>2</sup> 产量	0.24	0.87*	1.00							
可溶性糖含量	0.38	0.24	0.54	1.00						
可溶性蛋白含量	0.50	0.22	-0.27	-0.43	1.00					
维生素 C 含量	-0.30	-0.11	-0.45	-0.83*	0.66	1.00				
有机酸含量	-0.15	0.57	0.34	-0.39	0.45	0.68	1.00			
果实边部可溶性固形物含量	0.35	0.94**	0.92*	0.41	0.10	-0.15	0.60	1.00		
果实中心可溶性固形物含量	0.37	0.78	0.88*	0.69	-0.05	-0.35	0.37	0.93**	1.00	
果形指数	-0.42	0.53	0.75	0.21	-0.43	-0.06	0.58	0.69	0.64	1.00

注:\*表示在 0.05 水平差异显著;\*\*表示在 0.01 水平差异极显著。

明各指标在阐明不同处理对西瓜的影响时存在信息重叠现象,若采用多个单一指标评价筛选适宜西瓜生长的最优基质配比,将导致重复的信息出现在评价体系内,造成评价结果不可靠。因此,本研究采用主成分分析法,利用提取出的相互独立的综合指标结合模糊隶属函数法进行评估。

2.4.1 主成分分析 利用每个指标变化的相对值进行主成分分析。前 3 个主成分累计贡献率达到 96.42%,表明前 3 个主成分已经把 90%的指标信息反映出来,可以作为评价不同配比基质处理下西瓜生长状况变化的综合指标(表3)。第一个主成分中,667 m<sup>2</sup>产量、果实边部和中心可溶性固形物含量特征系数较大,分别为 0.44、0.44 和 0.43;第二个主成分中,维生素 C 含量和有机酸含量的特征系数较大,分别为 0.54 和 0.52;第三个主成分中,单叶面积特征值最大,为 0.67。

2.4.2 综合评价分析 根据主成分各指标的特征系数和各指标变化相对值,分别计算各处理的 3 个主

表3 各指标主成分分析

指标	主成分 1	主成分 2	主成分 3
单叶面积	0.15	-0.06	0.67
瓜周长	0.40	0.18	0.15
667 m <sup>2</sup> 产量	0.44	-0.05	-0.07
可溶性糖含量	0.26	-0.43	0.11
可溶性蛋白含量	-0.05	0.43	0.48
维生素 C 含量	-0.17	0.54	-0.06
有机酸含量	0.19	0.52	-0.15
果实边部可溶性固形物含量	0.44	0.14	0.04
果实中心可溶性固形物含量	0.43	-0.02	0.06
果形指数	0.32	0.09	-0.49
特征值	4.88	2.83	1.93
贡献率/%	48.80	28.28	19.34
累计贡献率/%	48.80	77.08	96.42

成分得分 C(i)和隶属函数值 U(i),并由 3 个主成分的特征值可求得其权重分别为 0.51、0.29、0.20。最后,再根据隶属函数值和权重得到各处理的综合评价得分。综合评价得分越高说明该处理下西瓜的生长越好。根据综合评价得分(表4),不同基质配比



下得分由高到低为 T2、T1、CK、T3、T4。

表4 不同花生壳基质配比处理对西瓜生长、产量和品质影响的综合评价

处理	C1	C2	C3	U1	U2	U3	综合得分
CK	0.94	0.46	1.14	0.41	0.24	1.00	0.48
T1	2.33	0.02	0.29	1.00	0.00	0.47	0.60
T2	1.74	1.82	0.42	0.75	1.00	0.55	0.78
T3	1.39	0.65	-0.47	0.60	0.35	0.00	0.41
T4	-0.01	0.59	0.10	0.00	0.32	0.35	0.16

### 3 讨论与结论

栽培基质是影响植物生长发育的重要因素之一,其理化性质直接决定植物的养分供应、吸收、运输和根系生长,合适的基质可以明显促进植物的生长发育<sup>[22-24]</sup>。本研究以花生壳和牛粪有机肥为材料,复配4种基质,以土壤为对照,分析其对西瓜生长、产量和品质的影响,以筛选出适合西瓜无土栽培的基质。

本研究结果表明 T4 处理下西瓜植株株高增长最慢,瓜周长和产量最低,且 T3 和 T4 处理下单叶面积也低于其他处理,T1 和 T2 处理下西瓜植株和果实生长较好。这表明花生壳-牛粪有机肥复配基质中,花生壳配比低于 50%时不利于西瓜植株和果实的生长。在无土栽培基质中,其 EC 值可反映可溶性盐含量的多少,直接决定了基质可为植物提供养分的量,对植物的生长有至关重要的作用<sup>[25]</sup>。本研究中花生壳 EC 值远低于牛粪有机肥 EC 值,随复配基质中花生壳配比逐渐减少,复配基质 EC 值逐渐变大。李谦盛等<sup>[26]</sup>研究发现适宜 EC 值的基质中可为植物提供充足的养分以保证植物的生长,但 EC 值超过一定范围会抑制植株的生长,甚至导致盐害。这主要是由于高 EC 值的基质可溶性盐含量较多,基质水势较低,造成西瓜根系吸水困难,从而影响植株和果实的生长<sup>[27-28]</sup>。

同土壤相比,利用农业废弃物制作的基质富含丰富的矿质营养元素和有机质,对果实品质有很好的促进作用<sup>[29-30]</sup>。本研究中也发现西瓜果实品质各指标最优值均为花生壳基质配比处理,可溶性糖含量、果实边部和中心可溶性固形物含量为 T1 处理下最高,可溶性蛋白含量、维生素 C 含量、有机酸含量和果实边部可溶性固形物含量为 T2 处理下最高,且均高于 CK 处理。这表明适宜的花生壳基质配比可有效地改善西瓜果实品质。一方面,适宜的基质配比处理可能为植物生长提供较为理想的根

系环境,有助于提高植物的光合作用效率,促进果实中碳水化合物等物质的累积<sup>[31]</sup>;另一方面,花生壳中有原花青素和白藜芦醇等多种生物活性物质,这些物质可能作为生长调节剂调控糖和维生素等代谢过程,进而改善果实品质<sup>[32-33]</sup>。

最后,为筛选出适宜西瓜种植的花生壳基质配比,利用主成分分析法结合隶属函数法进行了综合评价。综合评价发现得分最高的为 T2,其次为 T1,且得分均高于 CK。因此,以花生壳和牛粪有机肥为材料复配西瓜栽培基质时,花生壳配比 65%~75%为适宜范围,以此作为栽培基质西瓜长势较好、产量和品质最佳。

### 参考文献

- [1] 苏平. 无土栽培基质的研究进展[J]. 中国林副特产, 2010(6): 97-99.
- [2] 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.
- [3] 陈海生,魏跃伟,刘天宝,等. 不同基质栽培对樱桃番茄生长和生理特性的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(11): 21-22.
- [4] 姜新,欧智涛,李一伟,等. 不同栽培基质对‘甜查理’草莓生长及果实品质的影响[J]. 中国农学通报, 2019, 35(33): 71-75.
- [5] 郑琰铨,任少秋,高飞,等. 不同醋糟基质对比对南方红豆杉幼苗生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2018, 38(11): 17-21.
- [6] MESZKA B, MALUSÀ E. Effects of soil disinfection on health status, growth and yield of strawberry stock plants[J]. Crop Protection, 2014, 63: 113-119.
- [7] 李耀龙,季延海,于平彬,等. 基于不同基质理化特性的无土栽培混合基质筛选[J]. 北方园艺, 2016(8): 36-40.
- [8] 肖守华,赵西,肖真真,等. 以椰糠为基质的设施甜瓜无土栽培基质配方筛选[J]. 山东农业科学, 2019, 51(1): 61-64.
- [9] 张立伟,王辽卫. 我国花生产业发展状况、存在问题及政策建议[J]. 中国油脂, 2020, 45(11): 116-122.
- [10] 潘亚萍. 花生皮壳的综合利用[J]. 中国油脂, 2012, 37(5): 66-69.
- [11] 董文召,韩锁义,徐静,等. 花生壳研究现状与应用前景分析[J]. 中国农学通报, 2019, 35(32): 14-19.
- [12] 高琦,刘睿,于弘毅,等. 花生壳膳食纤维制备及改性研究进展[J]. 中国粮油学报, 2022, 37(3): 195-202.
- [13] 马海林,孙效鑫,杜振宇,等. 花生壳基质与几种常用有机基质理化性质的比较研究[J]. 山东林业科技, 2005(6): 11-13.
- [14] 冯雪锋,许雷,张梦恩,等. 不同配比育苗基质对番茄幼苗生长的影响[J]. 农业研究与应用, 2021, 34(4): 73-78.
- [15] 吴永升,宋焕忠,郭元元,等. 番茄和黄瓜育苗基质配方筛选研究[J]. 长江蔬菜, 2021(24): 11-14.
- [16] 杨红丽,王子崇,张慎璞,等. 番茄花生壳基质穴盘育苗营养液配方优选试验[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7): 129-132.
- [17] 周克福,林多,刘蕾蕾,等. 利用花生壳替代基质培育番茄穴盘苗的研究[J]. 长江蔬菜, 2012(12): 58-60.
- [18] 宋吉清,崔爱娜,孙玉君,等. 西瓜叶面积测量方法的研究[J].

- 中国果菜,2002(6):18.
- [19] 高俊凤. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [20] 马庆华, 李永红, 梁丽松, 等. 冬枣优良单株果实品质的因子分析与综合评价[J]. 中国农业科学, 2010, 43(12): 2491-2499.
- [21] 杜清洁, 宋小明, 柏萍, 等. 不同水汽压差对番茄气体交换参数和生长的影响及综合评价[J]. 西北农业学报, 2020, 29(1): 66-74.
- [22] 杨俊雪, 王冲, 石如岳, 等. 基质栽培对番茄产量和品质影响的Meta分析[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(6): 47-53.
- [23] 张莹莹, 孙周平, 刘广晶, 等. 根区通气方式对番茄根际气体环境及基质理化性质的影响[J]. 西北农业学报, 2011, 20(4): 106-110.
- [24] 李晓芳, 杜少平. 不同配方基质对西瓜穴盘苗生长的影响[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(3): 76-80.
- [25] 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(S2): 1-4.
- [26] 李谦盛, 郭世荣, 李式军. 基质 EC 值与作物生长的关系及其测定方法比较[J]. 中国蔬菜, 2004(1): 70-71.
- [27] 浩折霞, 黄大鹏, 顾少华, 等. 酒糟-牛粪堆肥复配瓜果类蔬菜育苗基质配方筛选[J]. 南京农业大学学报, 2017, 40(3): 457-463.
- [28] 辛鑫, 贾琪, 李琦, 等. 不同电导率的有机营养液种植番茄效果分析[J]. 西北农业学报, 2019, 28(10): 1632-1638.
- [29] 刘中良, 高昕, 张艳艳, 等. 基质栽培与土壤栽培番茄品质产量的比较研究[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(1): 124-127.
- [30] 梁韵, 赵丽, 黄丹枫. 土壤与基质栽培系统对生菜(*Lactuca sativa*)根际细菌群落的影响[J]. 农业资源与环境学报, 2017, 34(1): 73-79.
- [31] 谢彦如, 唐丹, 张蒲, 等. 不同基质配比对辣椒穴盘苗生长的影响[J]. 北方园艺, 2020(4): 7-14.
- [32] 石亚中, 伍亚华. 花生壳综合利用研究现状[J]. 花生学报, 2008, 37(2): 41-44.
- [33] MANTOVANELLI G C, MITO M S, RICARDO L L, et al. Diferential effects of exogenous resveratrol on the growth and energy metabolism of *Zea mays* and the weed *Ipomoea grandifolia*[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(10): 3006-3016.