

栽培措施对西瓜果实大小的影响

娄丽娜, 羊杏平, 张曼, 姚协丰, 刘广, 徐建, 刘金秋, 侯茜, 朱凌丽, 徐锦华*

(江苏省农业科学院蔬菜研究所/江苏省高效园艺作物遗传改良重点实验室, 江苏南京 210014)

摘要 为研究栽培措施对西瓜果实大小的影响,以“苏蜜 518”为试材,“8424”为对照,采用不同整蔓方式结合不同坐瓜数以及不同整蔓方式结合不同种植密度 2 种处理方式,调查不同处理下果实重量、纵横径、果皮厚度、心糖、边糖等性状。结果发现,采用 4 蔓留不同坐瓜数试验无法获得预期结果,每株只能坐瓜 2 个,且果实重量差异显著。“苏蜜 518”的小瓜重量为 2.09~2.54 kg,“8424”的小瓜重量为 2.24~2.54 kg。采用高密度栽培可以有效控制西瓜果重;高密度栽培结合整蔓留 2 个瓜,大小瓜差异显著,小瓜与大瓜相比,皮薄,中心糖略低,边糖差异不大。3 蔓 2 瓜,株距 30 cm,可以把小瓜重控制在 2 kg 以内。该研究探索了通过栽培措施调控西瓜果实大小的可行性,对生产中调控西瓜果实大小和产量有一定的应用价值。

关键词 西瓜;整蔓;种植密度;果实大小

中图分类号 S651 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)22-0047-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.22.008



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effect of Cultivation Measures on Watermelon Fruit Size

LOU Li-na, YANG Xing-ping, ZHANG Man et al (Institute of Vegetable Crops, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences/Jiangsu Key Laboratory for Horticultural Crop Genetic Improvement, Nanjing, Jiangsu 210014)

Abstract In order to study the effect of cultivation measures on the size of watermelon fruit, the varieties ‘Sumi 518’ and ‘8424’ were used as test and control materials in this study, respectively. Two experimental treatments including different pruning methods combined with different numbers of watermelon fruits, and combined with different planting densities were used in this study, watermelon fruit weight, fruit longitudinal diameter and diameter, pericarp thickness, center sugar content, and edge sugar content under different treatments were record and analyzed. The results showed that the experiment treatment of four lateral branches with different numbers of watermelon fruits did not yield the expected results, two fruits per plant could get in this treatment, and there was a significant difference between these two fruits. The weight of small watermelon fruit was ranged from 2.09 kg to 2.54 kg for ‘Sumi 518’ and 2.24–2.54 kg for ‘8424’. The weight of watermelon fruits could be effectively controlled by using high-density cultivation method. In the treatment of high-density cultivation combined with keeping two fruits per plant, there was a significant difference between big and small fruits. The small watermelon fruits had thin peels, slightly lower central sugar content, and little difference in edge sugar content when comparing with big watermelon fruits. The weight of small watermelon fruits could be controlled within 2 kg in the treatment of three lateral branches with two watermelon fruits per plant, combined with plant spacing of 30 cm. This study explored the feasibility of regulating watermelon fruit size through cultivation measures, which has certain application value in regulating watermelon fruit size and yield in production.

Key words Watermelon; Pruning; Planting density; Fruit size

西瓜(*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai)属于葫芦科一年生蔓生草本植物,是深受大家喜爱的消暑越夏水果。果实的发育过程极其复杂,果实发育受到亲本遗传、激素、形态、外部环境、人为栽培措施等影响^[1]。目前西瓜鲜切瓜瓤冰保存易水解变质,影响口感,因此,市场上采购西瓜以单果重 3~4 kg 为宜^[2]。在西瓜传统栽培的基础上,通过增加单位面积株数、双蔓留瓜等措施,以增加西瓜产量的研究较多^[3-5]。吊蔓栽培的西瓜单瓜重较匍地栽培轻,果形匀称无腹面,果品质量好^[6]。但通过整蔓、密植等栽培措施来调控果实大小的研究还鲜见报道。“苏蜜 518”是笔者所在课题组根据江苏省生态环境特点并结合西瓜种植的地理条件,经科学培育而成的高品质型新品种,早熟,易坐果;中果形,单果重 4~7 kg,肉质嫩,水分足,口感爽甜。

为了探索栽培措施对果形大小的影响,笔者通过整蔓、留瓜数量、密植来探讨栽培措施对西瓜果形大小的调控作用,以期后续通过栽培措施来培育品质佳、口感好、果形符

合市场需求的优质西瓜提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 选用笔者所在课题组选育的“苏蜜 518”西瓜新品种为试验材料,该新品种为杂交种,鲜食,中果形西瓜,单果质量 4~7 kg,果实圆形,果皮绿底覆深绿色条带,果皮厚约 1.0 cm,硬度软。果肉浓粉红色,质地酥,纤维含量少,汁液多,果香味浓,中心糖 12%~13%,皮脆,采收时需防裂果,需包装运输。适于大棚早熟栽培。比“8424”肉质更细嫩,水分更足。以中果形西瓜“8424”为对照品种。试验基地设在东台西瓜种植基地,设施为标准钢架大棚。

1.2 试验方法 2021 年春,采用不同整蔓方式及坐果数进行试验。设置 2 种不同整蔓方式,但保留不同结瓜数量;具体设置:A 生产常规三蔓整枝(1 主蔓,保留 2 侧蔓生长),结 1 个瓜(对照);B1 四蔓整枝(4 片叶时打头),结 2 个瓜;B2 四蔓整枝(4 片叶时打头),结 3 个瓜;B3 四蔓整枝(4 片叶时打头),结 4 个瓜。

2022 年春,不同整蔓方式及高密度种植相结合方式进行试验:A 采用单蔓高密度栽培方式,主蔓第 2~3 节雌花结瓜为主,保留小辫子侧蔓,株距 20 cm, A1 为“苏蜜 518”, A2 为对照“8424”;B1 三蔓整枝留 1 个瓜(正常对照),株距为 30 cm;B2 三蔓整枝留 2 个瓜,株距为 30 cm;B3 四蔓整枝留

基金项目 省现代种业振兴“揭榜挂帅”(JBGS[2021]069)。

作者简介 娄丽娜(1982—),女,河南濮阳人,研究员,博士,从事瓜类作物遗传育种研究。*通信作者,研究员,从事西瓜遗传育种研究。

收稿日期 2023-12-13

2个瓜,株距30 cm;具体坐果要求为B2、B3 4片叶时打头,在侧蔓上有雌花时,同时授粉或者喷施坐果灵,选取2~3个雌花同时授粉,后选取发育大小一致的2个瓜保留。如果仅坐1个瓜,第1个瓜发育达1.5~2.0 kg时,再从侧蔓上授粉第2个瓜。

2021和2022年春季均有4个处理,采用随机区组设计,每个处理3次重复,每小区定植15株。统一采用双膜覆盖高畦深沟定植方式,沟深约25 cm,畦面宽约280 cm,单行定植于距离沟20 cm处,2021年春株距33 cm,秋季株距如上述;果实成熟期每小区取6个单瓜,调查各处理的果实品质及产量构成性状[单果重、纵横径、果皮厚度、可溶性固形物含量(中心糖、边糖)]并记录。

1.3 数据分析 数据采用Microsoft Excel 2016辅助计算和数据格式整理,并使用SPSS 26软件进行统计分析和绘图。

2 结果与分析

2.1 不同整蔓方式及坐果数 采用4种整蔓留瓜方式,以“8424”作为对照,根据果形大小,每个处理和重复分别选取6

个果实进行性状统计,取平均值,结果见表1。处理B2、B3分别是4蔓3瓜和4蔓4瓜,但由于无法同时坐果,导致后期保留的瓜,由于养分的竞争,而无法同等长大,因此这2个处理和B1处理的效果一样,最终1株上只有2个瓜(1大1小)达到成熟。“苏蜜518”的小瓜重量为2.09~2.54 kg,“8424”的小瓜为2.24~2.54 kg(表1、图1)。

由表1可知,3蔓1瓜和4蔓处理大瓜纵径和横径差异不大,小瓜和大瓜差异显著。果皮厚度,“苏蜜518”和“8424”2个品种表现不同,“苏蜜518”果皮厚度与瓜的大小呈正相关;3蔓1瓜处理的瓜最大,皮最厚;4蔓整枝的大瓜果皮厚度小于3蔓1瓜,小瓜的果皮最薄。“8424”3蔓1瓜和4蔓处理的小瓜果皮厚度相当,无显著差异;“8424”大瓜的果皮厚度显著大于小瓜。4蔓处理“苏蜜518”的大瓜、小瓜边糖相差不大,略低于3蔓1瓜;4蔓处理“8424”小瓜的边糖略高于大瓜而小于3蔓1瓜小瓜。4蔓处理“苏蜜518”和“8424”大瓜的中心糖与3蔓1瓜无显著差异,小瓜的中心糖小于大瓜。

表1 2021年不同处理西瓜果实性状

Table 1 Watermelon fruit traits of different treatments in 2021

品种 Variety	处理 Treatment	果实形状 Fruit shape	果重 Fruit weight kg	纵径 Longitudinal diameter//cm	横径 Transverse diameter//cm	果皮厚度 Pericarp thickness//cm	中心糖 Center sugar content//%	边糖 Edge sugar content//%
苏蜜518	A	大瓜	5.20	20.92	21.13	1.79	13.19	11.36
Sumi 518	B1	大瓜	4.07	18.42	20.02	1.21	13.38	10.70
	B1	小瓜	2.54	16.87	16.86	0.93	11.81	10.67
	B2	大瓜	4.53	20.85	20.63	1.32	13.83	10.40
	B2	小瓜	2.36	15.06	16.65	0.94	12.38	10.39
	B3	大瓜	3.78	19.27	19.45	1.10	13.23	10.47
	B3	小瓜	2.09	15.87	15.91	1.02	12.31	10.09
8424	A	大瓜	4.72	20.82	20.75	0.99	12.63	10.75
	B1	大瓜	4.90	20.68	21.37	1.28	12.90	9.80
	B1	小瓜	2.54	16.80	16.98	0.95	11.80	10.53
	B2	大瓜	4.43	20.15	20.32	1.25	13.50	9.73
	B2	小瓜	2.51	16.71	16.87	1.01	12.06	10.11
	B3	大瓜	4.12	19.88	19.93	1.20	13.67	9.40
B3	小瓜	2.24	16.24	16.14	0.96	11.71	10.07	

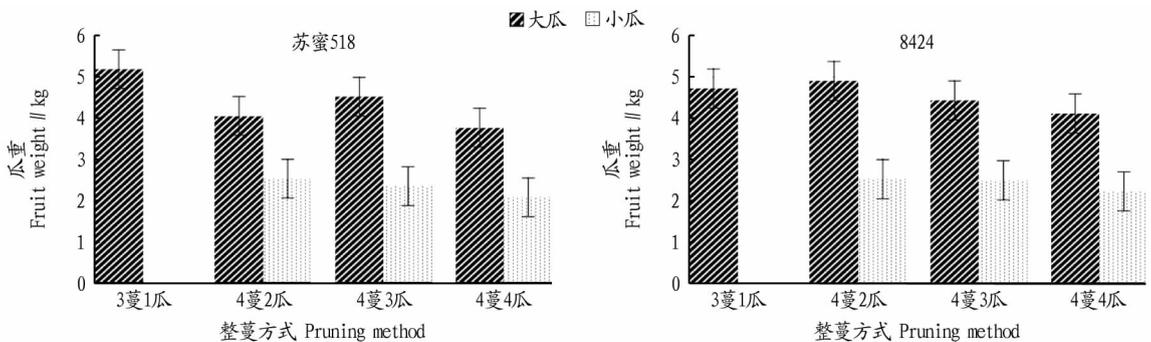


图1 不同整蔓方式对西瓜瓜重的影响

Fig.1 Effect of different pruning methods on watermelon melon weight

果实重量的主体间效应分析(表2)显示,整蔓方式、果实形状的主体内效应极显著,品种和因素间互作效应不显著。多重比较结果见表3,3蔓1瓜(A)与4蔓的3个处理均

存在显著差异;4蔓的3个处理间,4蔓2瓜和4蔓3瓜间不存在差异,其他处理间均存在显著差异。

表 2 西瓜果实重量的主体间效应分析

Table 2 Analysis of inter subject effects on watermelon fruit weight

变异来源 Source of variation	Ⅲ类平方和 Quadratic sum Ⅲ	自由度 Degree of freedom	均方 Mean square	F	P
修正模型 Corrected model	50.040	13	3.849	24.340	0.000
截距 Intercept	497.372	1	497.372	3 145.080	0.000
品种 Variety	0.054	1	0.054	0.343	0.563
整蔓方式 Pruning method	3.408	3	1.136	7.183	0.001
果实形状 Fruit shape	33.367	1	33.367	210.991	0.000
品种×整蔓方式 Variety×pruning method	1.014	3	0.338	2.136	0.118
果实×果实形状 Fruit×fruit shape	0.150	1	0.150	0.949	0.338
整蔓方式×果实形状 Pruning method×fruit shape	0.106	2	0.053	0.335	0.718
品种×整蔓方式×果实形状 Variety×pruning method×fruit shape	0.451	2	0.226	1.427	0.257
误差 Error	4.428	28	0.158		
总计 Total	590.908	42			
修正后总计 Revised total	54.468	41			

注: $R^2 = 0.919$ (调整后 $R^2 = 0.881$)。Note: $R^2 = 0.919$ (After adjust, $R^2 = 0.881$).

表 3 不同整蔓方式下果实重量的多重比较

Table 3 Multiple comparisons of fruit weight in different pruning methods

整蔓方式(I) Pruning method(I)	整蔓方式(J) Pruning method(J)	平均值差值(I-J) Mean value difference(I-J)	标准误差 Standard error	P	95%置信区间 95% Confidence interval	
					下限 Lower limit	上限 Upper limit
3 蔓 1 瓜	4 蔓 2 瓜	1.448 2*	0.198 84	0.000	1.040 9	1.855 5
	4 蔓 3 瓜	1.501 0*	0.198 84	0.000	1.093 7	1.908 3
	4 蔓 4 瓜	1.902 4*	0.198 84	0.000	1.495 1	2.309 7
4 蔓 2 瓜	3 蔓 1 瓜	-1.448 2*	0.198 84	0.000	-1.855 5	-1.040 9
	4 蔓 3 瓜	0.052 8	0.162 35	0.748	-0.279 8	0.385 3
	4 蔓 4 瓜	0.454 2*	0.162 35	0.009	0.121 6	0.786 7
4 蔓 3 瓜	3 蔓 1 瓜	-1.501 0*	0.198 84	0.000	-1.908 3	-1.093 7
	4 蔓 2 瓜	-0.052 8	0.162 35	0.748	-0.385 3	0.279 8
	4 蔓 4 瓜	0.401 4*	0.162 35	0.020	0.068 8	0.733 9
4 蔓 4 瓜	3 蔓 1 瓜	-1.902 4*	0.198 84	0.000	-2.309 7	-1.495 1
	4 蔓 2 瓜	-0.454 2*	0.162 35	0.009	-0.786 7	-0.121 6
	4 蔓 3 瓜	-0.401 4*	0.162 35	0.020	-0.733 9	-0.068 8

注: 数据基于实测平均值。误差项是均方(误差) = 0.158。* 表示显著性水平为 0.05。

Note: The data was based on the measured average value. The error term was mean square (error) = 0.158. * indicated significant difference of mean value difference at 0.05 level.

2.2 不同整蔓方式及高密度种植相结合试验结果 与 2021 年试验相比, 同样结 1 个瓜的情况下, 发现 2022 年采用高密度栽培, 瓜的重量有明显控制, “苏蜜 518”的果重由 5.20 kg 降至 3.55 kg; “8424”的果重由 4.72 kg 降至 3.02 kg (表 1、表 4)。“苏蜜 518”在同样结 1 瓜的情况下, 与三蔓整枝(株距 30 cm)相比, 高密度栽培(株距 20 cm)对果重的影响显著(图 2), 果重由 5.05 kg 降至 3.55 kg。2022 年, B2、B3 留 2 个

瓜的试验中, 仍出现了大小瓜现象, 大瓜分别为 2.99、2.97 kg; 小瓜分别为 1.83 和 2.13 kg; 高密度栽培结合三蔓整枝结 2 瓜可以把瓜控制在 2 kg 以内。无论大小瓜, 其果形指数均在 1 左右; 结 2 个瓜的果皮厚度低于结 1 个瓜的处理, 且大小瓜的果皮厚度差异不大; 大瓜间的中心糖、边糖差别不大, 小瓜的中心糖略低, 边糖差别不大(表 4)。

表 4 2022 年不同处理西瓜果实性状

Table 4 Watermelon fruit traits in different treatments in 2022

品种 Variety	处理 Treatment	果实形状 Fruit shape	果重 Fruit weight kg	纵径 Longitudinal diameter//cm	横径 Diameter cm	果皮厚度 Pericarp thickness//cm	中心糖 Center sugar content//%	边糖 Edge sugar content//%
苏蜜 518	A1	大瓜	3.55	18.96	18.57	0.97	12.29	11.20
Sumi 518	B1	大瓜	5.05	21.88	20.89	1.03	12.32	11.28
	B2	大瓜	2.99	17.56	17.73	0.87	12.37	11.21
	B2	小瓜	1.83	14.41	14.97	0.82	11.81	11.07
	B3	大瓜	2.97	17.87	17.86	0.91	12.35	11.45
	B3	小瓜	2.13	15.76	15.99	0.85	12.16	11.17
8424	A2	大瓜	3.02	18.27	17.89	0.82	11.66	10.75

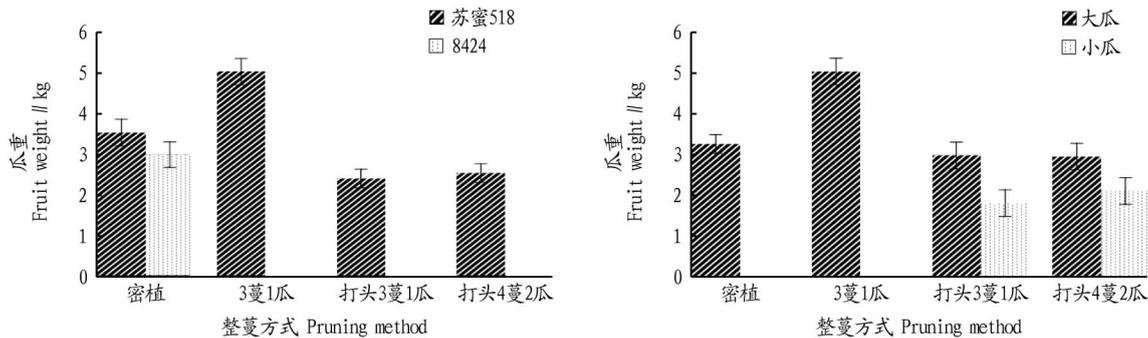


图2 2022年不同处理方式对西瓜瓜重的影响

Fig.2 The effect of different treatments on watermelon weight in 2022

3 讨论

西瓜是一种重要的园艺作物,是世界十大水果之一,在全球范围内广泛栽培,具有重要的经济价值。植物生长受到环境和基因型的共同作用^[7],生长素已被证实对果实大小有不可替代的作用^[8],关于植物器官大小的分子学研究手段主要有通过大量的相关基因表达初步预测基因的调控作用和QTL定位法^[9]。目前已经报道的控制西瓜果形的重要QTL位于3号染色体上,候选基因为*CISUN*^[10-12],该基因属于*IQD*基因家族成员,与微管阵列和Ca²⁺-CaM信号模块相关^[13]。心室数也是影响西瓜果实大小和性状的重要因素,*Clen*是西瓜中克隆的第一个控制心室数的QTL,该QTL的候选基因为*CIRPK2*编码受体样蛋白激酶2(Receptor-like protein kinase 2)^[14]。栽培措施对果实产量和品质的影响也非常重要,研究表明在密度相同的情况下,西瓜蔓数增多,坐果数可相应增加,但果形较小且不整齐,早佳品种在相同整枝方式下,以3 000株/hm²的密度产量最高,再增加种植密度,产量反而逐渐降低^[15]。

在2021年试验中,采用4蔓整枝的方式,通过坐果数不同,达到控制果实大小的目的。但由于无法保证同时坐果,导致4蔓3瓜和4蔓4瓜,最终都只有2个瓜成熟,而与原计划的试验预期产生了偏差。4蔓结2个瓜的处理,都为一大一小,即使是最小的瓜,果实重量也在2.09 kg,无法达到目标1.5~2.0 kg果重。但通过这种方式,一株上坐2个瓜,这2个瓜的大小、重量不同,品种不同,其大、小瓜的边糖、中心糖、果皮厚度也受其影响而产生不同的变化,为采用多蔓整枝栽培措施实现丰产提供了参考。

在2021年试验的基础上,设计了2022年的试验,通过高密度和整蔓相结合的方式对果实大小进行控制,结果发现高

密度种植可以有效控制果形大小,如果要进一步减少果重,高密度结合整蔓留2瓜是一个不错的选择,3蔓留2瓜,大瓜在3 kg左右,小瓜在2 kg左右,中心糖和边糖均无较大影响,可作为一种满足当前多元化消费习惯的新的栽培措施来应用。

参考文献

- [1] 李杰,罗奕,张琪悦,等.调控果实大小相关基因的研究进展[J].福建农业科技,2023,54(5):28-36.
- [2] 苏生平,徐达勋,王宏琴,等.塑料大拱棚标准果型西瓜栽培集成技术[J].农业工程技术,2020,40(31):65-68.
- [3] 中国农业科学院江苏分院园艺系.西瓜密植丰产栽培技术研究[J].中国果树,1960(2):41-43.
- [4] 罗金国.西瓜密植可高产[J].农技服务,2000(7):47.
- [5] 李玉生.大拱棚西瓜密植栽培产量高效益好[J].北京农业,2003(1):12.
- [6] 陈克农,张鹏.吊蔓栽培对大棚西瓜生长发育及产量品质影响[J].北方园艺,2001(2):52.
- [7] PATISON R J, CSUKASI F, CATALÁ C. Mechanisms regulating auxin action during fruit development[J]. *Physiologia plantarum*, 2014, 151(1): 62-72.
- [8] WOODWARD A W, BARTEL B. Auxin: Regulation, action, and interaction[J]. *Annals of botany*, 2005, 95(5): 707-735.
- [9] BÖGRE L, MAGYAR Z, LÓPEZ-JUEZ E. New clues to organ size control in plants[J]. *Genome biology*, 2008, 9(7): 1-7.
- [10] DOU J L, ZHAO S J, LU X Q, et al. Genetic mapping reveals a candidate gene (*CIFS1*) for fruit shape in watermelon (*Citrullus lanatus* L.)[J]. *Theoretical and applied genetics*, 2018, 131(4): 947-958.
- [11] LEGENDRE R, KUZY J, MCGREGOR C. Markers for selection of three alleles of *CISUN25-26-27a* (*Clao11257*) associated with fruit shape in watermelon[J]. *Plant breeding*, 2020, 40(2): 25-31.
- [12] 李娜,尚建立,李楠楠,等.西瓜果实形状的分子精准鉴定[J].园艺学报,2021,48(7):1386-1396.
- [13] BÜRSTENBINDER K, MÖLLER B, PLÖTNER R, et al. The IQD family of calmodulin-binding proteins links calcium signaling to microtubules, membrane subdomains, and the nucleus[J]. *Plant physiology*, 2017, 173(3): 1692-1708.
- [14] QIU B Y, ZHANG T F, ZHANG S Q, et al. BSA-seq and quantitative trait locus mapping reveals a major effective QTL for carpel number in watermelon (*Citrullus lanatus*) [J]. *Plant breeding*, 2022, 141(3): 460-470.
- [15] 林焱.西瓜优质高产栽培技术研究[D].杭州:浙江大学,2004:7,15.