

不同整枝留果方式对甜瓜植株综合性状和果实品质的影响*

贾云霞¹, 王艳², 佻迪尔亚·艾尼瓦尔¹, 钟俐^{1†}

(1. 新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2. 鑫科园艺作物研究所, 新疆 吐鲁番 838099)

摘要: 为探究整枝留果方式对甜瓜植株综合性状和果实品质的影响, 以吐鲁番的主栽甜瓜品种“夏至”为实验材料, 设置单蔓单果、单蔓双果等7种不同的整枝留果方式, 进行了甜瓜生育期内4个时期植株农艺性状、光合作用和整枝后5个时期果实相关指标的测定分析. 甜瓜植株综合性状测定及果实外观特性和果实品质分析结果表明: 双蔓整枝处理的甜瓜植株综合性状较优; 双蔓单果处理的甜瓜果实外观特性和果实品质最优, 单蔓双果处理的甜瓜果实外观特性和果实品质最差. 双蔓单果处理方式能够很好平衡植株营养的分配, 使植株处于良好的生长状态, 保证了果实的外观和品质. 单蔓双果处理不能很好满足果实对营养的需求, 加剧了甜瓜植株的生理性早衰, 导致植株生长状态和果实品质变差.

关键词: 甜瓜; 整枝留果方式; 植株综合性状; 果实品质

DOI: 10.13568/j.cnki.651094.651316.2024.03.04.0002

中图分类号: S652 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-7675(2025)01-0048-07

引文格式: 贾云霞, 王艳, 佻迪尔亚·艾尼瓦尔, 钟俐. 不同整枝留果方式对甜瓜植株综合性状和果实品质的影响[J]. 新疆大学学报(自然科学版中英文), 2025, 42(1): 48-54+65.

英文引文格式: JIA Yunxia, WANG Yan, KADIERYA Ainiwaer, ZHONG Li. Effects of different pruning and fruit retention methods on plant growth and fruit quality of melon[J]. Journal of Xinjiang University(Natural Science Edition in Chinese and English), 2025, 42(1): 48-54+65.

Effects of Different Pruning and Fruit Retention Methods on Plant Growth and Fruit Quality of Melon

JIA Yunxia¹, WANG Yan², KADIERYA Ainiwaer¹, ZHONG Li¹

(1. School of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumqi Xinjiang 830017, China;

2. Xinke Institute of Horticultural Crops, Turpan Xinjiang 838099, China)

Abstract: In order to explore the effect of pruning and fruit retention on the comprehensive traits and fruit quality of melon plants, the main melon variety “Xiazhi” in Turpan was used as the experimental material, and set up seven different pruning and fruit retention methods, including one-vine with single fruit, one-vine with double fruit, et al. to measure and analyze the agronomic traits, photosynthesis, and fruit related indicators of melon plants in four stages of growth, and five stages after pruning. The determination of comprehensive traits of melon plants and the analysis of fruit appearance and quality showed that the melon plants treated with double vines pruning had better comprehensive traits; The appearance characteristics and fruit quality of the melon fruit treated with double vines and single fruit are the best, while the appearance characteristics and fruit quality of the melon fruit treated with one-vine and double fruit are the worst. The double vines with single fruit treatment method can effectively balance the distribution of plant nutrients, keep the plant in a good growth state, and ensure the appearance and quality of the fruit. The one-vine with double fruit treatment cannot meet the nutritional needs of the fruit well, exacerbating the physiological premature aging of the melon plant, leading to poor growth status and fruit quality.

Key words: melon; pruning and fruit retention methods; plant comprehensive traits; fruit quality

* 收稿日期: 2024-03-04

基金项目: 国家自然科学基金“甜瓜掌状裂叶 pII 基因的分子调控机制及功能验证”(31860565).

作者简介: 贾云霞(1997—), 女, 硕士生, 从事植物生理生化与分子生物学的研究, E-mail: 1226576528@qq.com.

† 通讯作者: 钟俐(1971—), 女, 博士, 副教授, 主要从事植物生理生化及分子生物学的研究, E-mail: zhongli@xju.edu.cn.

0 引言

甜瓜 (*Cucumis melo* L.) 是世界闻名的水果之一, 全球广泛种植, 因其独特的风味和营养价值受到人们的喜爱^[1]. 目前, 通过传统的育种方法, 甜瓜品质已有实质性改进, 却不能高效开发新的甜瓜品种^[2]. 甜瓜果实的大小、甜度 (即含糖量)、风味、香气、质地和营养物质是决定消费者偏好的重要指标^[3]. 前期学者们的研究发现, 整枝方式和留果数对甜瓜果实品质具有一定的影响^[4]. 甜瓜整枝就是人为控制留蔓数和留果数, 塑造枝蔓和坐果分布合理、株间通风透光良好、营养生长和生殖生长转换适时的高光效能植株, 以达到优质、高产、高效的目的^[5]. 据报道, 单蔓单果的整枝坐果方式有效提高了网纹甜瓜的果实品质^[6]. 赵卫星等^[7]发现双蔓双果和单蔓单果的植株功能叶可保持适宜库源比例, 间接延长了功能叶的光合能力与寿命. 孔祥义等^[4]指出双蔓单果整枝留果方式的甜瓜果实品质最佳. 本文以新疆吐鲁番主栽的甜瓜品种“夏至”为研究材料, 设置7种不同的整枝留果方式, 通过测量不同整枝留果处理的甜瓜植株综合性状和果实品质相关指标, 分析整枝留果处理对甜瓜植株综合性状和果实品质的影响, 并利用相关性分析、主成分分析和隶属函数分析方法, 综合评价不同整枝留果处理的果实品质, 旨在为“夏至”甜瓜田间种植和管理提供科学、有效的参考.

1 材料与方法

1.1 实验材料

网纹甜瓜“夏至”, 由新疆吐鲁番鑫科园艺作物研究所提供.

1.2 实验处理

实验于2022年2月至2023年10月, 在新疆吐鲁番鑫科园艺作物研究所大棚进行 ($41^{\circ} 12' \sim 43^{\circ} 40' N$, $87^{\circ} 16' \sim 91^{\circ} 55' E$). 甜瓜幼苗长至两叶一心时定植温室, 定植密度为: 行间距90 cm, 株距50 cm, 均采用水肥一体化集中管理. 本文设定7个处理, 每个处理种植30株. 单蔓整枝为全生育期处理留主蔓, 多蔓整枝为幼苗长至四叶一心时摘心留子蔓. 留果方式为单蔓单果 (D1)、单蔓双果 (D2)、双蔓单果 (S1)、双蔓双果 (S2)、三蔓单果 (M1)、三蔓双果 (M2) 和三蔓三果 (M3). 图1为7种不同处理的田间情况.

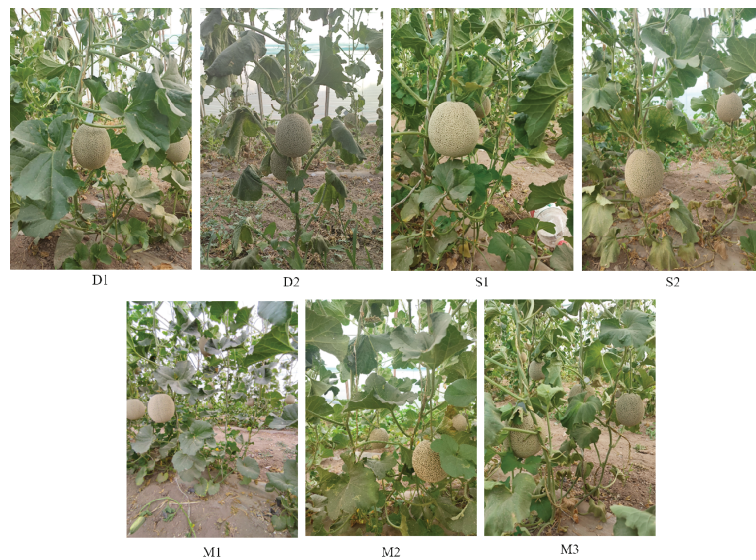


图 1 “夏至”甜瓜不同整枝留果处理

注: D1为单蔓单果, D2为单蔓双果; S1为双蔓单果, S2为双蔓双果; M1为三蔓单果, M2为三蔓双果, M3为三蔓三果

1.3 研究内容和方法

1.3.1 甜瓜植株综合性状的测定

1) 植株农艺性状的测定

整枝10 d、30 d、40 d、50 d, 每个处理选取6株生长状态一致的甜瓜植株, 测定第8节位蔓粗、平均节间长、叶宽、叶长和叶面积 (单蔓整枝第8片叶及多蔓整枝第12片叶)^[8].

2) 植株光合作用的测定

整枝10 d、30 d、40 d、50 d, 每个处理选取6株生长状态一致的甜瓜植株, 对叶片进行暗处理后, 使用LI-

6400便携式光合仪测定植株光合参数^[9].

1.3.2 甜瓜果实相关指标的测定

1) 甜瓜果实外观特征的测定

整枝40 d、50 d、60 d、70 d、80 d, 每个处理选取6个成熟度一致的果实, 用游标卡尺测量果实横径、纵径, 直尺和线绳测量果实周长^[10].

2) 甜瓜果实品质的测定

整枝处理80 d, 每个处理选取6个成熟度一致的果实, 测定其可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、维生素C和可溶性蛋白质含量. 在果实赤道附近取样, 折光仪测定甜瓜果实可溶性固形物, 蒽酮法测定甜瓜果实可溶性糖^[11], 2, 6-二氯酚酚滴定法^[12]测定甜瓜果实维生素C, 氢氧化钠滴定法^[13]测定可滴定酸, 考马斯亮蓝G-250法测定甜瓜果实可溶性蛋白质^[14], 可溶性糖值除以可滴定酸值计算糖酸比^[15].

1.4 数据处理

使用SPSS Statistics 20软件进行数据处理, 采用隶属函数法对甜瓜植株生长和果实品质进行综合评价^[16], Origin 2022进行相关性分析和绘图.

2 结果与分析

2.1 不同整枝留果处理对甜瓜植株农艺性状的影响

整枝处理10 d、30 d、40 d、50 d, 对不同整枝留果处理的甜瓜植株农艺性状测定各指标t检验分析(图2)结果表明: 整枝30 d后, 不同整枝留果处理的甜瓜植株叶长、叶宽、叶面积的大小总体呈现单蔓(D)处理>双蔓(S)处理>三蔓(M)处理; 不同整枝留果处理的甜瓜植株茎粗为D处理>S处理>M处理, 不同整枝留果处理的平均节间长度无显著差异. 甜瓜植株农艺性状测定分析结果表明: 双蔓整枝处理的甜瓜植株叶长、叶宽、叶面积和茎粗等农艺性状较好, 表现为茎秆粗壮、叶形和株型匀称.

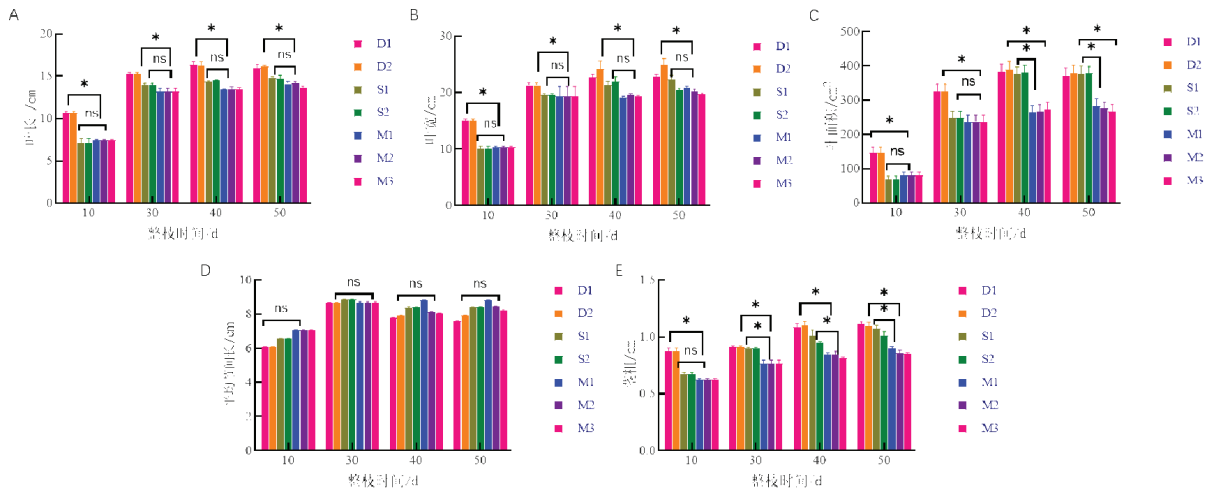


图2 不同时期不同整枝留果处理的甜瓜植株生长状况

注: A为叶长, B为叶宽, C为叶面积, D为平均节间长, E为茎粗; *、ns分别表示存在显著性差异($P < 0.05$)和不存在显著性差异($P > 0.05$)

2.2 不同整枝留果处理对甜瓜叶片光合作用的影响

2.2.1 叶绿素荧光参数

为进一步说明不同整枝留果处理对植株生长的影响, 本文测定了不同整枝留果处理植株叶片的最小初始荧光(F_0)、最大荧光(F_m)和光化学量子效率(F_v/F_m). 随着植株的生长, 不同整枝留果处理的 F_0 、 F_m 和 F_v/F_m 值均出现不同程度的变化. 由图3可知, 不同整枝留果处理的 F_0 和 F_v/F_m 值在30 d时出现变化, 是由甜瓜受环境温度升高、植株开花授粉影响出现的短暂胁迫所致. D2处理的 F_0 、 F_m 和 F_v/F_m 值在50 d出现明显的升高和降低, 其它整枝留果处理的 F_0 、 F_m 和 F_v/F_m 值基本稳定, 因此推测, 由于D2处理的一条藤蔓坐两果、负载量大, 则其抗胁迫能力较弱. 表明不同整枝留果处理影响了甜瓜的抗胁迫能力.

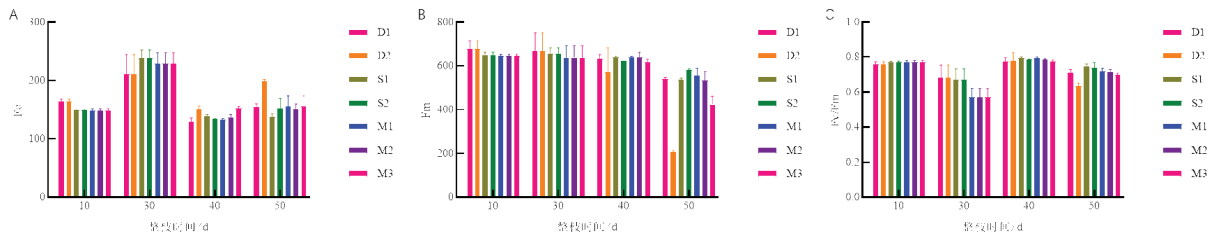


图 3 不同整枝留果处理的甜瓜叶片叶绿素荧光参数

注: A为叶绿素最小初始荧光, B为叶绿素最大荧光, C为叶绿素光化学量子效率

2.2.2 光系统 II

本文还测定了不同整枝留果处理的甜瓜叶片光系统 II (PS II) 的相关指标. 随着植株的生长, 不同整枝留果处理的甜瓜叶片 PS II 的各项指标均发生了变化 (图4). 结果表明: D2 的非光化学猝灭系数 (q_N) 值在 50 d 时高于其它处理的 q_N 值, 实际的光化学量子效率 (ϕ_{PSII})、光化学猝灭系数 (q_P) 和电子传递速率 (ETR) 均低于其它处理方式的 ϕ_{PSII} 、 q_P 和 ETR. 因为植株受到胁迫时, 光合反应受到影响, ϕ_{PSII} 、ETR、 q_P 和 q_N 值均出现下降和升高的变化, 因此不同整枝留果处理影响了甜瓜的抗胁迫能力, 表明 D2 处理甜瓜叶片的电子转移能力最弱, PS II 激发能量的捕获效率低, 光合效率低, 抗胁迫能力最弱.

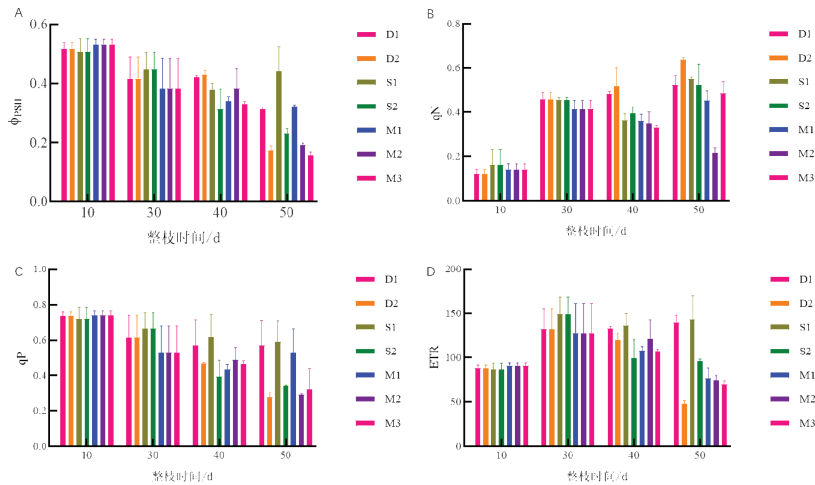


图 4 不同整枝留果处理的甜瓜叶片光系统 II

注: A为甜瓜叶片实际光化学量子效率, B为甜瓜叶片非光化学猝灭系数, C为甜瓜叶片光化学猝灭系数, D为甜瓜叶片电子传递速率

2.3 不同整枝留果处理对甜瓜果实外观特征的影响

不同整枝留果处理的甜瓜果实横径、纵径和周长的方差齐性检验分析结果见表1. 不同留蔓数对果实的大小有一定影响, 果实整体表现为双蔓处理>单蔓处理>三蔓处理. 单蔓处理下, 留果数对果实横径、纵径和周长均有显著影响 ($P < 0.05$); 双蔓和三蔓处理下, 留果数对果实的横径、纵径和周长影响不显著 ($P > 0.05$).

表 1 不同处理对甜瓜果实横径、纵径和周长的影响

处理	40 d			50 d			60 d		
	横径 /cm	纵径 /cm	周长 /cm	横径 /cm	纵径 /cm	周长 /cm	横径 /cm	纵径 /cm	周长 /cm
D1	6.80±0.42a	8.73±0.35a	21.36±1.32a	9.51±0.18a	11.56±0.57a	29.86±0.33a	11.80±0.04a	13.79±0.03a	37.04±0.36a
D2	6.01±0.70b	8.33±0.63a	18.88±2.19b	8.23±0.15c	10.00±0.48cd	25.85±0.28c	10.63±0.26c	12.65±0.27b	33.39±0.63c
S1	5.20±0.47b	7.12±0.31c	16.33±1.48b	9.13±0.33b	10.58±1.03b	28.66±0.23b	11.13±0.11b	12.45±0.16b	34.96±0.46b
S2	5.60±0.33b	7.64±0.33b	17.59±1.04b	8.57±0.28c	10.34±0.87bc	26.90±0.22c	11.16±0.38b	12.54±0.51b	35.05±0.18b
M1	5.36±0.46b	6.83±0.48c	16.83±1.44b	8.43±0.30c	9.82±0.93cd	26.48±0.15c	10.85±0.24bc	11.75±0.53c	34.07±0.34bc
M2	5.53±0.52b	6.87±0.37c	17.36±1.64b	8.37±0.33c	9.53±1.02d	26.29±0.51c	10.37±0.10c	11.84±0.24c	32.55±0.10c
M3	5.43±0.42b	7.04±0.27c	17.04±1.32b	8.35±0.38c	9.45±1.19d	26.20±0.44c	10.39±0.21c	11.27±0.08c	32.61±0.23c

续表 1

处理	70 d			80 d		
	横径 /cm	纵径 /cm	周长 /cm	横径 /cm	纵径 /cm	周长 /cm
D1	12.89±0.36a	14.82±0.35a	40.49±1.14a	13.96±0.33ab	15.64±1.22a	43.85±1.04ab
D2	10.65±0.63c	11.91±0.66c	33.43±1.98c	11.60±0.28c	12.55±0.35b	36.42±0.89c
S1	13.30±0.46a	14.45±0.15a	41.77±1.44a	14.50±0.14a	14.55±0.35ab	45.53±0.44a
S2	12.61±0.18a	13.33±0.68b	39.58±0.57a	13.22±0.45ab	14.00±0.57ab	41.50±1.40ab
M1	11.91±0.34b	12.33±0.37bc	37.41±1.07b	13.05±0.35ab	13.40±0.14b	40.98±1.11ab
M2	11.37±0.10bc	12.51±0.42bc	35.69±0.30bc	12.25±0.49bc	12.45±0.49b	38.47±1.55bc
M3	11.38±0.23bc	12.39±0.21bc	35.73±0.72bc	12.00±0.99c	12.90±0.28b	37.68±3.11c

注: 均值显著性水平为0.05, a、b、c表示不同字母之间存在显著差异

2.4 不同整枝留果处理对甜瓜果实品质的影响

不同整枝留果处理对甜瓜果实品质影响的评判指标及方法见表2。(1) 根据果实网纹覆盖面和纹路深浅将果实网纹生长情况划分为优和良;(2) 通过人工品尝, 将果实口感评价为细柔香甜、细柔略香;(3) 绘制可溶性糖和可溶性蛋白质的标准曲线方程: $y=0.0469x-0.0027$ ($R^2=0.9908$)、 $y=0.0542x+0.0145$ ($R^2=0.9986$), 计算可溶性糖和可溶性蛋白质的含量. 结果显示:(1) D1、S1、S2和M2果实网纹生长情况评为优, D2、M1和M3果实网纹生长情况评为良;(2) D1和S1的果实口感被评为细柔、香甜, 均优于其它处理;(3) S1和D1的可溶性固形物、可溶性糖、糖酸比均显著高于其它5种处理 ($P<0.05$). S1的维生素C和可溶性蛋白质含量均高于其它6种处理 ($P<0.05$); D2的维生素C、可溶性蛋白质含量均低于其它6种处理. 表明不同整枝留果处理对甜瓜品质具有显著的影响, S1整枝处理的果实品质最佳, D2整枝处理的果实品质最差.

表 2 不同处理对甜瓜果实品质的影响

处理	网纹等级	果肉口感	可溶性固形物/%	可溶性糖/%	可滴定酸/%	维生素C含量/(mg/g)	蛋白质含量/(mg/g)	糖酸比/%
D1	优	细柔、香甜	18.25±0.191a	5.04±0.044a	0.04±0.033a	0.12±0.001b	0.02±0.002ab	164.01±6.183a
D2	良	细柔、甜、略香	15.30±0.376c	3.05±0.033b	0.02±0.011a	0.05±0.001f	0.01±0.002c	107.54±2.262ab
S1	优	细柔、香甜	18.35±0.362a	5.62±0.033a	0.04±0.241a	0.13±0.002a	0.03±0.003a	159.25±2.268a
S2	优	细柔、香甜	17.30±0.314b	4.52±0.033a	0.04±0.028a	0.11±0.001c	0.02±0.002bc	90.79±3.728b
M1	良	细柔、甜、略香	17.00±0.300b	3.28±1.215b	0.03±0.021a	0.09±0.001e	0.02±0.001bc	156.94±23.412a
M2	优	细柔、香甜	17.45±0.362b	4.91±0.021a	0.03±0.015a	0.10±0.002d	0.02±0.003bc	134.39±2.775ab
M3	良	细柔、香甜	16.55±0.375b	3.22±0.021b	0.03±0.028a	0.11±0.003c	0.02±0.005c	155.78±7.082a

表 3 不同处理甜瓜果实品质指标隶属函数值及综合隶属函数值

处理	可溶性固形物/%	可溶性糖/%	可滴定酸/%	维生素C含量/(mg/g)	蛋白质含量/(mg/g)	糖酸比/%	横径/cm	纵径/cm	周长/cm	综合得分	排序
D1	0.97	0.77	0.99	0.88	0.50	0.96	0.82	0.65	0.82	0.82	2
D2	0.23	0.04	0.23	0.34	0.37	0.23	0.08	0.03	0.11	0.18	7
S1	0.99	0.98	0.87	0.85	0.93	0.93	0.96	0.66	0.75	0.88	1
S2	0.66	0.57	0.76	0.75	0.50	0.10	0.56	0.49	0.56	0.55	3
M1	0.56	0.09	0.50	0.50	0.50	0.90	0.50	0.30	0.50	0.48	4
M2	0.70	0.72	0.51	0.63	0.46	0.60	0.22	0.12	0.22	0.46	5
M3	0.41	0.07	0.49	0.75	0.38	0.89	0.14	0.14	0.14	0.38	6

2.5 不同整枝留果处理甜瓜果实的相关指标综合得分与分析

通过甜瓜果实相关指标分析可知, 不同处理方式对果实相关指标影响表现不一, 故使用隶属函数公式计算不同整枝留果数的综合得分 (D) 值, D 值为不同整枝留果数的果实品质等级指数, D 值越大, 果实品质越好

(表3). 结果显示:不同整枝留果数的 D 值得分情况为 $S1(0.88) > D1(0.82) > S2(0.55) > M1(0.48) > M2(0.46) > M3(0.38) > D2(0.18)$,表明 $S1$ 处理的果实品质最好, $D2$ 处理的果实品质最差.

3 讨论与结论

整枝留果处理对甜瓜植株生长和果实特征、品质均会产生一定的影响. 合理的整枝留果数能够有效促使植株光通透率增加,促进植株叶片和茎的分化,使得营养吸收能力增强、植株生长健壮^[17]. 有研究发现,随着植株留蔓数的增加,植株茎粗和平均节间长的变化呈减小趋势,不同整枝处理间的茎粗和平均节间长没有显著差异^[18]. 本文不同整枝处理影响了甜瓜植株的农艺性状,留蔓数越多,茎粗越小,平均节间长越大;单蔓整枝的叶片叶长、叶宽和叶面积均大于双蔓整枝和三蔓整枝的叶片叶长、叶宽和叶面积,单蔓处理和三蔓处理间存在显著差异($P < 0.05$). 这与蔡祺等在“玉姑”甜瓜多蔓整枝中的研究结果一致^[19]. 由此可见,整枝留果数对甜瓜植株生长的影响,随着留蔓数的增加,甜瓜植株生长受到一定的限制,具体表现为叶面积变小、茎变细. 光合作用是植物体内发生的一系列化学反应,通过吸收光能将 CO_2 和 H_2O 转化为有机物和 O_2 . 这个过程中,光合色素(如叶绿素)起到捕获光能的作用,而光系统I和光系统II则是将光能转化为化学能的中心^[20]. 它们参与光合作用的各个阶段,包括光能的吸收、电子传递和最终的有机物合成. 光系统的活性下降时,光合作用的效率也会受到影响^[21]. 本文 $D2$ 处理的荧光产量最少,电子转移能力最弱,PS II 激发能量的捕获效率低,光合效率低; $D1$ 和 $S1$ 处理的荧光产量较高,电子转移能力较强,光合效率较高,与Li等的研究结果一致^[22].

前人研究发现,有效整枝提高了植株的光合作用,植株生长得更健壮,营养积累较多,果实成熟得较好,促使甜瓜网纹更加整齐、糖含量高、果实大小适中、产量高^[6-23]. 本文使用差异分析、隶属函数和主成分分析的方法,综合评价了不同整枝留果处理对甜瓜果实品质的影响. 不同留蔓与留果数对“夏至”甜瓜品质具有一定的影响,综合评价结果为 $S1 > D1 > S2 > M1 > M2 > M3 > D2$, $S1$ 处理的甜瓜果实品质最佳, $D2$ 处理的甜瓜果实品质最差. 留蔓数多会导致果实糖度、维生素C、可滴定酸和可溶性蛋白质积累较少;同一蔓上留果数多会导致果实糖度、维生素C、可滴定酸和可溶性蛋白质积累较少,过多的留果数会导致果实品质变差,与李婷等^[24]的研究结果一致. 赵卫星等^[7]认为, $S1$ 处理提高了植株叶片光合效率,植株营养吸收能力增强,促进了甜瓜果实的生长和发育; $D2$ 处理植株的负载量过大,营养吸收能力下降,营养分派不均,导致果实生长和发育减慢,与本文 $S1$ 甜瓜果实横径和周长均显著大于 $D2$ 甜瓜果实横径和周长的结果一致.

综上所述,不同的留蔓与留果数对甜瓜植株综合性状和果实营养及品质产生影响. 适当留蔓与留果可以提高甜瓜的养分吸收及营养品质. 单蔓处理和双蔓处理的甜瓜植株叶长、叶宽、叶面积和茎粗等农艺性状表现最优,双蔓单果甜瓜果实的横径、纵径和周长等性状表现最优,双蔓单果甜瓜果实中所含可溶性固形物、可溶性糖、可滴定酸、维生素C、可溶性蛋白质等物质含量表现最优. 即双蔓单果整枝留果处理方式最优,这种整枝留果方式既可以保证果实营养品质,又可以保证植株生长状态. 因此,为获得优质的“夏至”甜瓜果实,可采用 $S1$ 的整枝留果方式.

参考文献:

- [1] WENG J Y, LI P L, REHMAN A, et al. Physiological response and evaluation of melon (*Cucumis melo* L.) germplasm resources under high temperature and humidity stress at seedling stage[J]. Scientia Horticulturae, 2021, 288: 110317.
- [2] WAN SHAFIIN W N S S, ABLAH N L, NUR FATIHAH H N, et al. Breeding strategies for enhancing nutrient content and quality in Cucurbitaceae: A review[J]. International Journal of Vegetable Science, 2020, 27(5): 415-438.
- [3] LESTER G E, HODGES D M. Antioxidants associated with fruit senescence and human health: Novel orange-fleshed non-netted honey dew melon genotype comparisons following different seasonal productions and cold storage durations[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 48(3): 347-354.
- [4] 孔祥义,李劲松,许如意,等. 不同整枝留果方式对甜瓜产量与品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2008(1): 10-12.
KONG X Y, LI J S, XU R Y, et al. Effects of pruning and fruit thinning on yields and quality of melon[J]. China Cucurbits and Vegetables, 2008(1): 10-12. (in Chinese)
- [5] 王跃兵. 甜瓜整枝技术[J]. 中国园艺文摘, 2015, 31(12): 196-197+218.
WANG Y B. Pruning techniques of melon[J]. Chinese Horticulture Abstracts, 2015, 31(12): 196-197+218. (in Chinese)
- [6] 张容,李婷. 不同整枝坐果方式对网纹甜瓜商品性和产量的影响[J]. 上海蔬菜, 2020(4): 73-74.

- ZHANG R, LI T. The effect of different pruning and fruit setting methods on the commerciality and yield of reticulated melon[J]. Shanghai Vegetables, 2020(4): 73-74. (in Chinese)
- [7] 赵卫星, 康利允, 高宁宇, 等. 整枝留果对甜瓜植株衰老的调控效应及生理机制[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(9): 154-159.
ZHAO W X, KANG L Y, GAO N N, et al. The regulatory effect and physiological mechanism of pruning and fruit retention on the senescence of melon plants[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(9): 154-159. (in Chinese)
- [8] 范伯圣. 留蔓和留果数对厚皮甜瓜植株生长发育及生理特性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
FAN B S. The effects of vine and fruit numbers on plant growth and physiological characteristics of muskmelon[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010. (in Chinese)
- [9] 王凯鑫, 杜利霞. Na₂CO₃胁迫对赖草叶片光合、叶绿素荧光、超微结构的影响[J]. 山西农业科学, 2024, 52(1): 86-93.
WANG K X, DU L X. Effect of Na₂CO₃ stress on photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and ultrastructure of *Leymus secalinus* leaves[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2024, 52(1): 86-93. (in Chinese)
- [10] 刘航. 甜瓜整枝留叶数的差异对果实产量及品质的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2023.
LIU H. Effects of different number of leaves retained in pruning on fruit yield and quality of muskmelon[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2023. (in Chinese)
- [11] 申希峰, 黄杰涛, 张莲姬. 蒽酮-硫酸法测定榛花多糖含量条件的优化[J]. 食品研究与开发, 2017, 38(18): 150-154.
SHEN X F, HUANG J T, ZHANG L J. Determination of optimal conditions of polysaccharide content of hazel's flower by anthrone sulfuric acid method[J]. Food Research and Development, 2017, 38(18): 150-154. (in Chinese)
- [12] 杨丽, 麦振龙, 朱良, 等. 果蔬中维生素C含量的测定方法比较与优化[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(22): 232-233+236.
YANG L, MAI Z L, ZHU L, et al. Comparison and optimization of determination methods of vitamin C content in fruits and vegetables[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(22): 232-233+236. (in Chinese)
- [13] 王娜, 黄永东, 余鸿燕, 等. 自动电位滴定法与手动滴定法测定水果中可滴定酸的比较[J]. 南方农业, 2019, 13(30): 134-136.
WANG N, HUANG Y D, YU H Y, et al. Comparison between automatic potentiometric titration and manual titration for the determination of titratable acids in fruits[J]. South China Agriculture, 2019, 13(30): 134-136. (in Chinese)
- [14] 王孝平, 邢树礼. 考马斯亮蓝法测定蛋白含量的研究[J]. 天津化工, 2009, 23(3): 40-42.
WANG X P, XING S L. Determination of protein quantitation using the method of coomassie brilliant blue[J]. Tianjin Chemical Industry, 2009, 23(3): 40-42. (in Chinese)
- [15] AL-SAIIF A M, ABDEL-AZIZ H F, KHALIFA S M, et al. Pruning boosts growth, yield, and fruit quality of old Valencia orange trees: A field study[J]. Agriculture, 2023, 13(9): 1720.
- [16] 侯赵玉, 龚亦钊, 钱祎, 等. 芍药耐热性评价及其鉴定指标筛选[J]. 中国农业科学, 2023, 56(23): 4742-4756.
HOU Z Y, GONG Y Z, QIAN Y, et al. Evaluation of heat tolerance of herbaceous peony and screening of its identification indices[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2023, 56(23): 4742-4756. (in Chinese)
- [17] 蒋月喜, 陈振东, 蒋哲, 等. 高畦、整枝和避雨栽培对朝天椒形态特征与营养品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(8): 157-165.
JIANG Y X, CHEN Z D, JIANG Z, et al. The effects of high-altitude cultivation, pruning, and sheltered cultivation on the morphological characteristics and nutritional quality of *Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish[J]. Jiangsu Agricultural Sciences, 2022, 50(8): 157-165. (in Chinese)
- [18] 张超, 刘秀杰. 不同留蔓数对薄皮甜瓜植物生长发育的影响[J]. 北方园艺, 2017(2): 47-50.
ZHANG C, LIU X J. Effects of different numbers of vines on growth and development of muskmelon[J]. Northern Horticulture, 2017(2): 47-50. (in Chinese)
- [19] 蔡祺, 陈春雷, 顾春军, 等. “玉姑”甜瓜多蔓整枝栽培模式初探[J]. 上海农业科技, 2022(4): 79-80.
CAI Q, CHEN C L, GU C J, et al. Preliminary study on the cultivation model of “Yugu” muskmelon with multiple vine pruning[J]. Shanghai Agricultural Science and Technology, 2022(4): 79-80. (in Chinese)
- [20] 陈铸峰, 田利金. 植物光合作用原初反应与电子传递调控[J]. 自然杂志, 2024, 46(1): 35-45.
CHEN Z F, TIAN L J. Regulation of light harvesting and electron transfer process of plant photosynthesis[J]. Chinese Journal of Nature, 2024, 46(1): 35-45. (in Chinese)
- [21] LIU Y, WANG L, LIU H, et al. The antioxidative defense system is involved in the premature senescence in transgenic tobacco (*Nicotiana tabacum* NC89)[J]. Biological Research, 2016, 49: 30.