



蔡祥斌,吴庆安,陈梦如,等.采前覆膜对‘纽荷尔’脐橙果实贮藏期品质的影响[J].江西农业大学学报,2025,47(3):640-649.

CAI X B,WU Q A,CHEN M R,et al.Effect of pre-harvest mulching on fruit quality of ‘Newhall’ navel orange during storage[J].Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis,2025,47(3):640-649.

采前覆膜对‘纽荷尔’脐橙果实 贮藏期品质的影响

蔡祥斌,吴庆安,陈梦如,何思佳,李杨金,陈金印,辜青青*,魏清江*

(江西农业大学 农学院/果蔬贮藏与保鲜江西省重点实验室,江西 南昌 330045)

摘要:【目的】旨在研究采前不同覆膜处理对‘纽荷尔’脐橙果实贮藏过程中品质的影响,为提高果实采收品质和耐贮性提供参考。【方法】在果实转色期,于脐橙植株树盘铺设黑色园艺地布(F₁)、银黑色反光膜(F₂)和透湿性反光膜(F₃),以无覆盖为对照(CK),分析不同处理对树冠光照和土壤性质以及对果实室温贮藏0~120 d期间色泽、失重率、呼吸速率、腐烂率和糖酸等品质的影响。【结果】F₂和F₃处理能够提高‘纽荷尔’脐橙树冠内部的光照强度和反射率,同时还能有效调节树盘土壤的含水量和温度,为树体生长提供稳定的环境条件。果实贮藏期间,F₂和F₃处理的‘纽荷尔’果实的a*值(红色程度)和柑橘色差指数(CCI)均明显高于F₁处理和对照组(CK)果实,表明F₂和F₃处理能够更好地保持果实的色泽鲜艳度,显著提升果实外观品质。但是这2种处理的果实b*值(黄色程度)、H°(色调角)和L*值(亮度)相对较低。此外,F₁处理增加了果实腐烂率,F₂处理则降低了果实腐烂率。2种处理对果实失重率均无显著影响。F₃处理不仅显著降低了果实的腐烂率和失重率,还提高了贮藏前期果实的呼吸速率。果实品质分析表明,F₂和F₃处理提高了果实中可滴定酸(TA)、可溶性固形物(TSS)和维生素C(Vc)含量,而F₁处理对上述果实品质指标无明显影响。果实糖组分分析表明覆膜处理均显著增加果实采收时的果糖、葡萄糖和蔗糖含量。随着贮藏时间的延长,糖组分含量总体呈下降趋势;其中F₁处理的果实中果糖含量低于对照,葡萄糖含量高于对照,蔗糖含量与对照无差异;F₂处理的果实中葡萄糖含量高于对照,果糖和蔗糖含量与对照无差异;F₃处理的果实中3种糖组分含量往往最高。不同覆膜处理对果实有机酸含量的影响并不明显。【结论】采前F₃处理能够显著提高‘纽荷尔’果实在贮藏期的色泽、TA、TSS、可溶性糖(果糖、葡萄糖和蔗糖)以及Vc含量,有效提高‘纽荷尔’果实的品质,同时有效降低果实的腐烂率和失重率,从而提升果实的耐贮藏性。

关键词:‘纽荷尔’脐橙;覆膜;果实品质;贮藏性

中图分类号:TS255.3;S666.4 文献标志码:A

文章编号:1000-2286(2025)03-0640-10

CSTR:32399.14.aauj.2025055

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of pre-harvest mulching on fruit quality of ‘Newhall’ navel orange during storage

CAI Xiangbin, WU Qingan, CHEN Mengru, HE Sijia, LI Yangjin,
CHEN Jinyin, GU Qingqing*, WEI Qingjiang*

收稿日期:2024-12-25 修回日期:2025-03-03

基金项目:国家自然科学基金项目(32260751)和江西省农业关键核心技术攻关项目(JXNK202304-04)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China (32260751) and Jiangxi Provincial Agricultural Key Technology Research Project (JXNK202304-04)

作者简介:蔡祥斌,硕士生,orcid.org/0009-0008-6644-3863,1413767493@qq.com; *通信作者:辜青青,教授,博士,主要从事果树种质资源研究,orcid.org/0000-0001-7708-0633, qingqinggu2006@126.com; 魏清江,副教授,博士,主要从事果树栽培与品质调控研究,orcid.org/0000-0001-6481-8352, qjwell@126.com.

©《江西农业大学学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

(School of Agricultural Sciences, Jiangxi Provincial Key Laboratory for Postharvest Storage and Preservation of Fruit & Vegetable, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China)

Abstract: [Objective] This study aims to investigate the impact of different preharvest mulching on the fruit quality of ‘Newhall’ navel orange fruits during storage, thus providing reference for improving the harvest quality and prolonging storage period of citrus fruit. [Method] Three mulching including black gardening cloth (F_1), silver black reflective film (F_2), and moisture permeable reflective film (F_3) covered the tree disk at the fruit color transition period, and no covering-material was used as the control (CK). The effect of different mulching treatments on light and soil properties, fruit color, weight loss rate, respiration rate, decay rate, sugar and acid contents were assessed over a storage period of 0–120 d at controlled room temperature. [Result] F_2 and F_3 treatments improved light intensity and reflectance within the tree canopy, thereby promoting the development of fruits inside the canopy. Additionally, both treatments effectively regulated soil moisture content and temperature, offering more stable environmental conditions for the growth of fruit trees. During fruit storage, the a^* value (red intensity) and citrus color index (CCI) of fruits treated with F_2 and F_3 are significantly higher than those of F_1 treatment and the control group (CK), indicating that F_2 and F_3 treatments can maintain the fruits vibrant color, and enhance their visual quality. However, the b^* value (yellow intensity), H° (hue angle), and L^* value (brightness) were relatively lower in fruits treated with F_2 and F_3 . Moreover, F_1 treatment increased the fruit decay rate but F_2 treatment reduced the fruit decay rate. Both treatments had no significant effect on fruit weight loss rate. F_3 treatment not only significantly reduced the fruit decay rate and weight loss rate but also increased the respiration rate in the early storage stages of ‘Newhall’ navel orange fruits. Fruit quality analysis showed that both F_2 and F_3 treatments significantly increased the contents of titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS), and vitamin C (Vc) of the ‘Newhall’ navel orange fruits, while the F_1 treatment had no remarkable effect on these indicators. Analysis of sugar components revealed that the three mulching treatments significantly increased the levels of fructose, glucose, and sucrose in ‘Newhall’ navel orange fruits at harvest. These sugars decreased with the extension of storage time. The fruits treated with F_1 had lower fructose content and higher glucose content than those of the CK, and sucrose was not different from that of the CK. The fruits under F_2 treatment accumulated higher glucose contents, but no difference in fructose and sucrose contents compared with that of the CK. The fruits under F_3 treatment always had the highest contents of fructose, glucose, and sucrose during all storage stages. However, the three mulching treatments showed no significant effect on the organic acid content. [Conclusion] Preharvest F_3 treatment significantly improved the fruit color and increased the accumulations of TA, TSS, Vc, and soluble sugars including fructose, glucose, and sucrose in ‘Newhall’ navel orange during storage, and contributed to the improvement of fruits quality. Additionally, it can effectively improve the quality of ‘Newhall’ fruits while significantly reducing the decay rate and weight loss rate, thereby enhancing their storage durability.

Keywords: ‘Newhall’ navel orange; mulching; fruit quality; storage property

【研究意义】江西赣州是著名的赣南脐橙产地,享有世界脐橙之乡的美誉^[1]。赣南已成为中国重要的脐橙商品化生产基地^[2]。在引进的诸多品种中,90%以上为‘纽荷尔’脐橙^[3]。随着生活水平的提高,消费者对脐橙的品质有更高的追求,这不仅推动了农业生产方式的转变,还促使果农在种植、管理和销售等各个环节不断创新。采前栽培技术措施是影响果实品质的重要因素,其中铺设地膜是提高果实采收品质和耐贮性的有效手段^[4]。**【前人研究进展】**果树地表覆盖在许多果树上都有应用。干旱枣园中覆盖园艺地布和秸秆可有效降低0~10 cm土层土壤温度,同时减少了0~40 cm土层的水分蒸发,有利于蓄水保墒,提高土壤水分含量^[5]。在大五星枇杷果园覆盖白膜和银灰色反光膜能有效提高光照强度和反射率^[6]。对苹果的研究表明,果园覆盖园艺地布后可提高果实单果质量和着色指数^[7],覆盖反光膜后增加了冠层下部果实的大小、色泽和可溶性固形物含量^[8]。阳光玫瑰葡萄覆盖地膜后能够提高产

量、糖酸比和香气^[9]。草莓覆盖黑色地膜可显著提高可溶性固形物、总糖和 Vc 含量^[10]。南丰蜜桔覆盖反光膜后可提高果实的可溶性糖、可溶性固形物和 Vc 含量,降低可滴定酸含量^[11]。覆膜处理可使三红蜜柚和红肉蜜柚果实的可溶性固形物和 Vc 含量有效提高,总酸含量降低^[12]。甜橙覆盖地膜后能够有效提高可溶性固形物和可滴定酸含量^[13]。四季柚覆盖反光膜后有效提高果实蔗糖、葡萄糖和果糖的含量,有效降低其柠檬酸含量^[14]。地面覆膜诱导了椪柑果实 *SUS* 和 *SPS* 基因表达,增加糖分积累,并提高了果实固酸比,促进果实转色^[15]。覆膜处理降低草莓贮藏期间果实的失重率和腐烂率^[16]。覆盖麦草可有效保持桃贮藏期间果实硬度和 Vc 含量,降低可滴定酸含量和果实腐烂率,覆盖黑膜处理下果实可溶性固形物含量变化最小^[17]。

【本研究切入点】树盘覆膜在不同果树上应用会产生不同的效果。然而,赣南地区关于‘纽荷尔’脐橙树盘覆膜的相关研究仍较少,尤其是在采前树盘覆膜对果实贮藏性的影响尚无相关报道。【拟解决的关键问题】研究设置不同的覆盖材料处理,比较不同处理后果实采收时和贮藏期果实品质的变化,揭示不同覆膜处理对果实品质和耐贮性的影响。本研究可为脐橙果树树盘覆膜栽培技术提供切实可行的参考,也为其他果树覆膜材料的选择应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料与处理

试验材料为 7 年生积砧‘纽荷尔’脐橙,果园位于江西省赣州市信丰县大阿镇绿萌农业发展有限公司基地。以地表裸露作为对照(CK),设置 3 种不同材料进行树盘覆盖,分别为:透水透气不反光的‘园丰一号’黑色园艺地布(记为 F₁),购于江西威骏科技股份有限公司;反光不透水不透气的‘农夫一品’银黑色反光膜(记为 F₂),购于东莞市威骏不织布有限公司;透水透气反光的‘杜邦特卫强’透湿性反光膜(记为 F₃),购于浙江省台州市农资股份有限公司。覆膜时间为果实转色期(花后 180 d,9 月下旬)。选择树形和树势基本一致的脐橙植株,每个处理 4 个重复,每个重复为 20 株树,完全随机排列。11 月下旬采集各个处理脐橙果实样品,洗净果实表面灰尘与杂质,果实充分发汗后,用白色透明聚乙烯袋进行单果套袋,于室温存放。每 20 d 进行取样和相关指标测定,直至贮藏 120 d。

1.2 试验方法

1.2.1 光照和土壤测定

在 10:00—11:00 采用 UT383 手持照度计,在每棵树距离主干 1.5 m 处,分别测定 0.5 m 与 1 m 的入射光和反射光并计算反射率^[18]。采用 TDR150 便携式水分速测仪测定了树冠覆膜范围 12 cm 和 20 cm 深度土壤的相对含水量和土壤温度。

1.2.2 色泽测定

CR-10 色差仪(日本柯尼卡美能达公司)测定果实色泽参数,每个处理 20 个果实,每个果实选取 3 个面进行测量,并计算柑橘指数(CCI)值^[19]。

1.2.3 果实失重率、呼吸速率和腐烂率分析

每个处理随机选择 20 个果实计算其失重率,分别称取贮藏前和贮藏后重量,果实失重率=(贮藏前重量-贮藏后重量)/贮藏前重量×100%。出现腐烂症状的果实为腐烂果实,腐烂率=(腐烂果实数/供试果实数)×100%。呼吸速率利用 GXH-3051H 型果蔬呼吸测定仪(北京均方理化科技研究所)测定。每个处理 9 个果实,3 个为一组,重复测定 3 次。通过以下公式计算出呼吸速率^[20]。

$$\text{呼吸速率} = \frac{\Delta\text{CO}_2}{100} \times V \times \frac{1000}{m} \times \frac{60}{t} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中, m 为果实的质量,g; V 为罐子的空体积,mL; CO_2 初始浓度与最终浓度之差为 ΔCO_2 ; t 为记录时间,min。

1.2.4 可溶性固形物、可滴定酸和抗坏血酸含量测定

使用手持式糖度计(PAL-1,日本 Atago)测量可溶性固形物(TSS)含量。采用酸碱中和滴定法测定可滴定酸(TA)^[21]。计算固酸比(TSS/TA)。利用 2,6-二氯酚酚滴定法测定抗坏血酸含量^[22]。

1.2.5 果实糖酸组分测定

采用高效液相色谱法(LC-2030 Plus,日本岛津)测定果实中的有机酸和糖含量^[23]。糖组分测定设置的色谱条件如下:使用Waters spherisorb NH2色谱柱(4.6 mm×250 mm, 5.0 μm),柱温设定为35℃。流动相是乙腈与超纯水比例为7.5:2.5,流速为1 mL/min,进样量为20 μL,采用示差折光检测器(RID)进行检测。酸组分测定设置的色谱条件为:使用C18柱(4.6 mm×250 mm),柱温设定为30℃。流动相为0.01 mol/L的硫酸(pH 2.6),流速为0.5 mL/min,进样量同样为20 μL,采用二极管阵列检测器(PDA, SPD-M20A,日本岛津)进行检测。

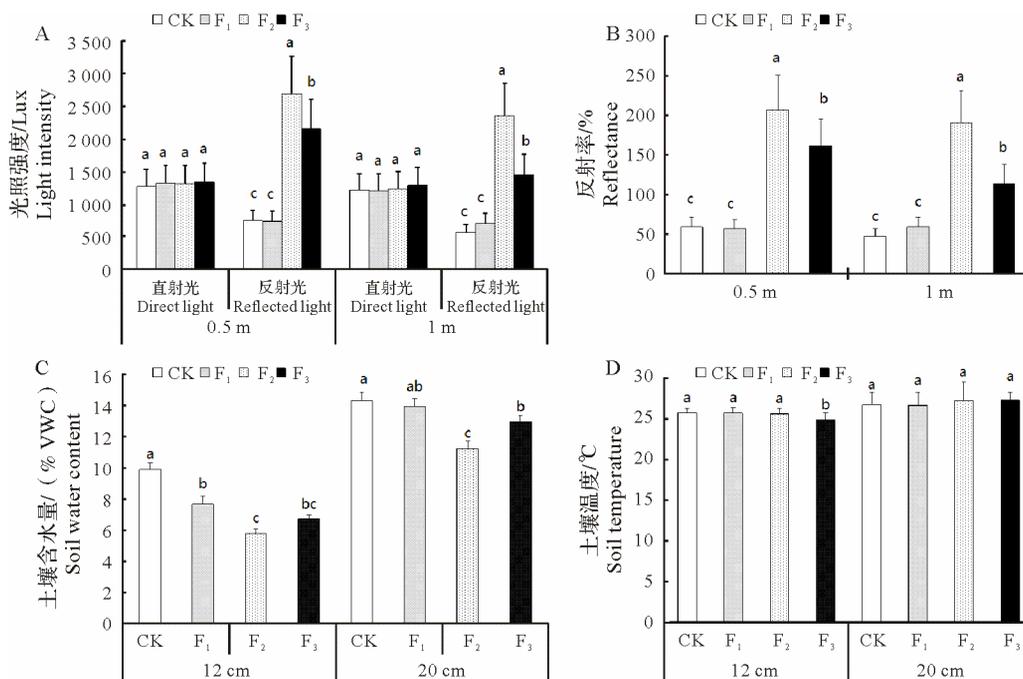
1.3 数据处理

使用Excel 2016进行记录和整理,使用SPSS 27.0中Duncan's法进行不同处理之间的差异显著性分析($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 光照强度和土壤性质

测定了0.5 m和1 m垂直高度的树冠直射光强和反射光强,结果表明不同覆膜处理对直射光无影响,但F₂和F₃处理显著增加了树冠内反射光强。在2个高度上,F₂处理树冠内的反射光强均最大,其次为F₃,F₁与对照无显著差异(图1A)。此外,F₂的反射率最高,在0.5 m和1 m高度分别为215%和212%,F₃分别为161%和116%,均显著高于对照。F₁的反射率与对照则无显著差异(图1B)。不同覆膜处理有效降低了土壤的含水量。在12 cm和20 cm土壤深度,F₂处理的土壤含水量均最低,其次为F₃,F₁与对照的土壤含水量在12 cm深度时具有显著差异,但在20 cm处无显著差异(图1C)。此外,不同覆膜处理对20 cm的土壤温度无影响,但F₃降低了12 cm的土壤温度(图1D)。



不同的小写字母表示处理之间在0.05水平存在显著差异。

Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level.

图1 覆膜对光照强度(A),反射率(B),土壤含水量(C)和土壤温度(D)影响

Fig.1 Effects of mulching treatments on light intensity(A), reflectance(B), soil water content(C), and soil temperature(D)

2.2 果皮色泽

脐橙果皮a*值在贮藏0~60 d期间逐渐升高,不同处理之间差异显著,其中F₂(41.31)和F₃(42.59)的a*值最高,其次为F₁(39.83),CK(39.64)的a*值最低。此后a*值趋于平稳,且不同处理之间无显著差异(表1)。脐橙果皮b*值在贮藏20 d时升高,此后逐渐降低。不同处理之间差异显著,其中F₃的b*值最低,

其次是F₁与CK, F₂的b*值最高。与b*值相似,脐橙果皮C*值在贮藏0~40 d期间逐渐升高,随后逐渐降低。不同处理之间差异显著,其中F₂和F₃的C*值最高,其次是F₁, CK的C*值最低。在贮藏80~120 d期间, C*值趋于平稳,且F₁和F₃的值最低,其次是F₂, CK最高。此外,果皮h值和L*值都随着果实贮藏时间的延长而下降, F₂和F₃处理的果实的h值和L*值较低,其次是F₁, CK的h值和L*值最高。脐橙果皮CCI值随着贮藏时间延长而逐渐升高,在贮藏80 d后趋于平稳。不同处理之间差异显著,其中F₂和F₃的值最高,其次是F₁, CK最低(表1)。

表1 覆膜对‘纽荷尔’果实贮藏期间色泽的影响

Tab.1 Effects of mulching treatments on fruit color of ‘Newhall’ navel orange during storage

		0 d	20 d	40 d	60 d	80 d	100 d	120 d
红绿程度 (a*)	CK	12.91±3.30 ^c	21.83±5.97 ^b	36.10±3.67 ^b	39.64±2.77 ^c	42.79±1.77 ^{bc}	43.79±1.63 ^a	43.58±1.49 ^{ab}
	F ₁	17.79±4.27 ^b	24.50±6.57 ^b	36.68±3.54 ^b	39.83±2.44 ^c	42.52±2.14 ^c	42.99±2.09 ^b	42.40±1.58 ^b
	F ₂	22.44±2.79 ^a	27.37±4.89 ^a	39.11±2.85 ^a	41.31±2.53 ^b	43.24±1.89 ^b	44.27±2.01 ^a	43.96±1.79 ^a
	F ₃	23.93±3.68 ^a	29.02±5.11 ^a	39.83±2.34 ^a	42.59±1.87 ^a	44.04±1.61 ^a	44.31±1.67 ^a	43.27±1.67 ^b
蓝绿色差值 (b*)	CK	69.12±1.94 ^c	71.58±4.43 ^a	67.92±3.60 ^a	63.07±3.77 ^a	59.56±3.82 ^a	58.25±3.29 ^a	58.34±3.09 ^a
	F ₁	69.76±2.30 ^b	71.58±3.45 ^a	66.12±3.65 ^b	61.52±4.57 ^b	58.88±3.71 ^a	57.41±3.36 ^{ab}	58.53±3.56 ^a
	F ₂	69.41±2.65 ^a	72.00±3.08 ^a	66.41±3.59 ^b	61.42±3.71 ^b	58.63±3.24 ^a	57.48±3.43 ^{ab}	57.46±3.20 ^a
	F ₃	69.66±2.08 ^a	70.10±4.01 ^b	65.62±3.89 ^b	58.88±3.59 ^c	57.24±3.21 ^b	56.50±3.32 ^b	57.37±3.79 ^a
色彩饱和度 (C*)	CK	70.19±2.09 ^a	75.09±4.36 ^b	77.04±2.72 ^a	74.58±2.86 ^a	73.39±3.03 ^a	72.92±2.45 ^a	72.87±2.33 ^a
	F ₁	72.01±2.84 ^a	75.99±3.14 ^b	75.73±3.00 ^b	73.38±3.59 ^{bc}	72.70±2.82 ^{ab}	71.79±2.88 ^b	72.33±2.80 ^{ab}
	F ₂	73.00±2.90 ^a	77.21±2.45 ^a	77.16±2.84 ^a	74.11±2.74 ^{ab}	72.92±2.43 ^{ab}	72.62±2.34 ^a	72.41±2.26 ^{ab}
	F ₃	73.75±1.84 ^a	76.08±3.27 ^b	76.85±2.71 ^a	72.73±2.79 ^c	72.27±2.39 ^b	71.85±2.61 ^b	71.93±2.63 ^b
色调角 (H°)	CK	80.72±2.60 ^c	73.07±4.61 ^a	61.98±3.25 ^a	57.80±2.85 ^a	54.24±2.30 ^a	53.01±2.16 ^a	53.2±1.98 ^{ab}
	F ₁	76.22±3.16 ^b	71.17±5.13 ^a	60.95±3.12 ^a	56.99±2.94 ^a	54.11±2.54 ^a	53.13±2.18 ^a	54.02±2.17 ^a
	F ₂	72.12±1.99 ^{ab}	69.17±3.90 ^b	59.46±2.69 ^b	56.02±2.75 ^b	53.54±2.26 ^a	52.33±2.53 ^{ab}	52.53±2.29 ^b
	F ₃	71.05±2.97 ^a	67.48±4.24 ^c	58.68±2.73 ^b	54.06±2.32 ^c	52.38±2.12 ^b	51.85±2.12 ^b	52.90±2.56 ^b
亮度 (L*)	CK	72.85±1.93 ^a	69.23±4.52 ^a	67.16±1.98 ^a	60.94±2.65 ^a	60.48±1.60 ^a	59.08±1.56 ^a	58.76±1.58 ^a
	F ₁	72.49±1.66 ^b	68.80±3.11 ^a	66.58±2.44 ^{ab}	60.50±2.96 ^a	59.73±2.15 ^b	58.52±2.09 ^{ab}	58.81±1.96 ^a
	F ₂	70.91±2.02 ^c	68.59±2.25 ^a	66.21±2.02 ^{bc}	60.19±2.98 ^a	59.47±1.76 ^{bc}	58.58±2.21 ^{ab}	58.26±2.02 ^a
	F ₃	70.79±1.74 ^c	66.81±3.19 ^b	65.37±2.04 ^c	58.86±2.63 ^b	58.98±1.92 ^c	58.04±2.47 ^b	58.41±2.39 ^a
色差指数 (CCI)	CK	2.54±0.66 ^a	4.53±1.45 ^c	8.00±1.33 ^b	10.42±1.43 ^c	11.97±1.32 ^c	12.81±1.32 ^b	12.79±1.26 ^{ab}
	F ₁	3.52±0.84 ^b	5.13±1.67 ^c	8.42±1.38 ^b	10.85±1.67 ^{bc}	12.20±1.54 ^{bc}	12.90±1.41 ^b	12.42±1.43 ^b
	F ₂	4.61±0.61 ^c	5.61±1.29 ^b	8.97±1.21 ^a	11.30±1.60 ^b	12.5±1.39 ^b	13.29±1.66 ^{ab}	13.24±1.53 ^a
	F ₃	4.88±0.92 ^c	6.30±1.52 ^a	9.38±1.27 ^a	12.40±1.53 ^a	13.14±1.38 ^a	13.62±1.50 ^a	13.06±1.74 ^{ba}

不同的小写字母表示处理之间在0.05水平存在显著差异。

Different lowercase letters indicate significant differences at the 0.05 level.

2.3 果实失重率、呼吸速率和腐烂率

失重率在贮藏过程中呈上升趋势。在贮藏0~40 d期间,3种覆膜处理的果实失重率往往低于对照,其中在贮藏期40 d时,CK的失重率(1.98%)最高,其次为F₁(1.83%)和F₂(1.88%)、F₃的失重率最低(1.33%)。此后贮藏期间,F₃处理的果实失重率显著低于对照,而F₁和F₂与对照无显著差异(图2A)。呼吸速率在果实贮藏过程中呈先下降后上升的趋势。在贮藏0~20 d时,F₁和F₂处理果实的呼吸速率低于对照,F₃与对照无差异。贮藏60~120 d期间,覆膜处理与对照之间的呼吸速率无明显差异(图2B)。「纽荷尔」果实在贮藏60 d时开始腐烂,F₃处理果实的腐烂率始终显著低于对照,而F₁则往往高于对照(图2C)。

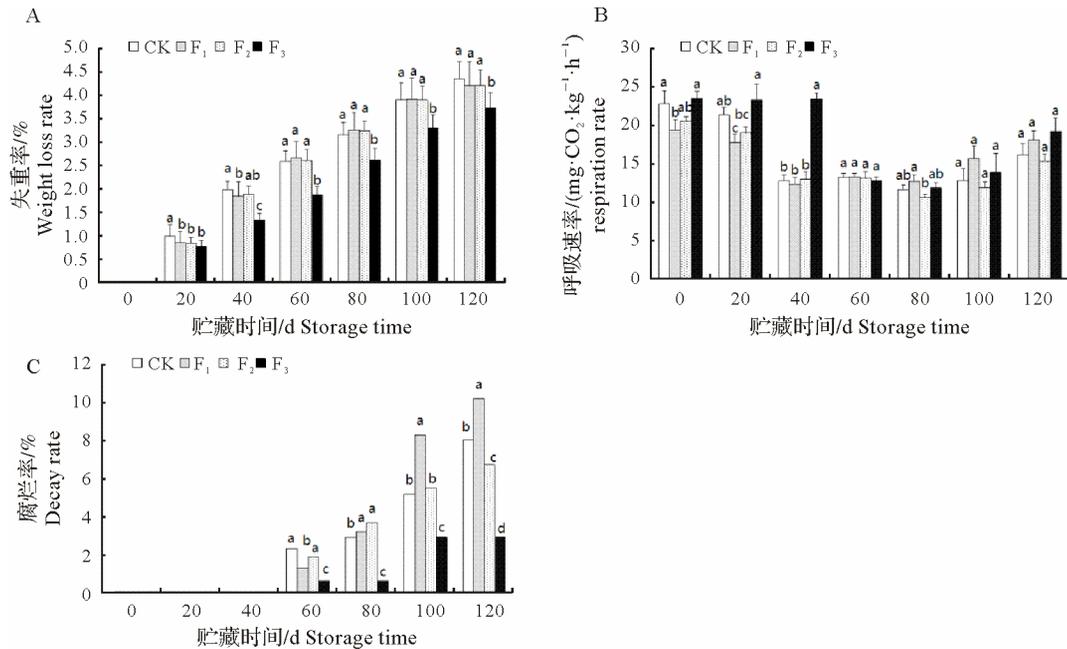


图2 覆膜对‘纽荷尔’果实贮藏期间失重率(A)、呼吸速率(B)和腐烂率(C)的影响
 Fig.2 Effects of mulching treatments on weight loss rate(A), respiration rate(B), and decay rate(C) of ‘Newhall’ navel orange during storage

2.4 可溶性固形物、可滴定酸、固酸比和 Vc

可溶性固形物在贮藏过程中整体变化趋势不明显,但在不同贮藏阶段存在差异。在贮藏 20 d 时, F₁ 和 F₂ 的可溶性固形物均低于对照, F₃ 则高于对照。但是在贮藏 40~120 d 期间, F₂ 和 F₃ 果实的可溶性固形物显著高于对照, F₁ 则低于对照(图 3B)。可滴定酸在贮藏过程中呈下降趋势,但不同处理间存在差异。F₂ 和 F₃ 处理的果实可滴定酸含量在贮藏期间往往高于对照,而 F₁ 与对照差异不明显(图 3A)。果实固酸比在贮藏 0~80 d 期间无明显变化,在 100~120 d 期间上升,但覆膜处理对果实固酸比没有明显影响(图 3C)。此外,覆膜处理提高了果实 Vc 含量, F₁、F₂ 和 F₃ 处理果实的 Vc 含量每 100 mg 分别为 38.13, 44.18, 41.07 mg。在贮藏期间, F₂ 和 F₃ 处理果实的 Vc 含量往往高于对照,而 F₁ 与对照无显著差异(图 3D)。

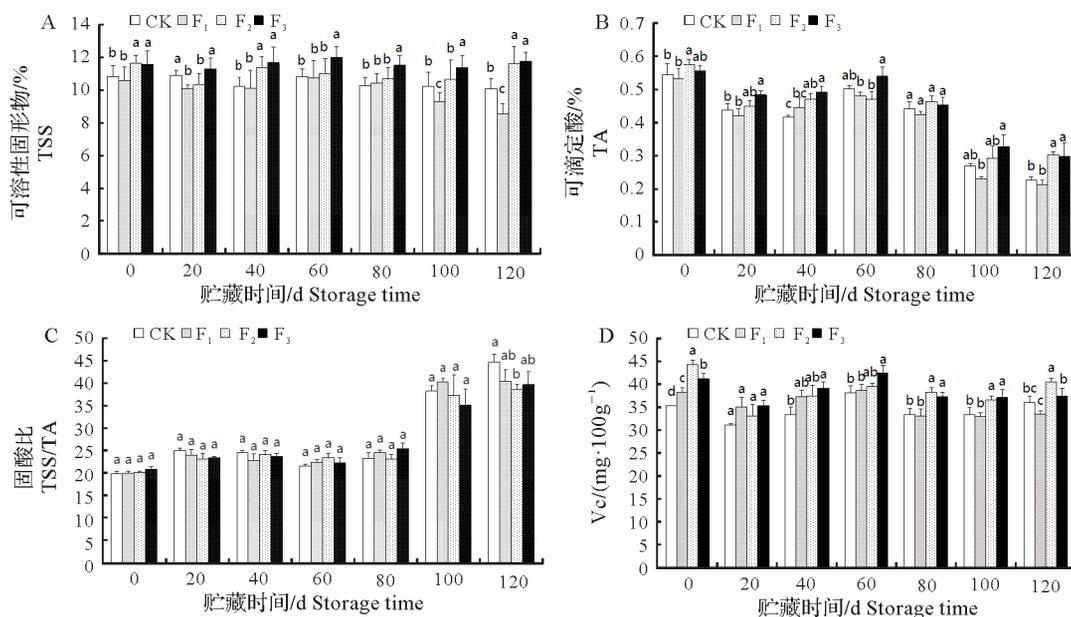


图3 覆膜对‘纽荷尔’果实贮藏期间可溶性固形物(A)、可滴定酸(B)、固酸比(C)和维生素C(D)的影响
 Fig.3 Effects of mulching treatments on TSS(A), TA(B), TSS/TA(C), and Vc(D) of ‘Newhall’ navel orange during storage

2.5 糖酸组分

不同处理果实的果糖含量在贮藏过程变化不同:在 0~20 d 贮藏期间,3 种覆膜处理果实的果糖含量均显著高于对照;贮藏 40 d 以后, F₃ 和 F₂ 的果糖含量一般高于对照, F₁ 则低于对照(图 4A)。葡萄糖含量随着果实贮藏时间的增加呈现下降趋势。在贮藏过程中,覆膜处理果实的葡萄糖含量往往高于对照(图 4B),其中 F₃ 最高(16.95 mg/g),其次是 F₁(15.50 mg/g)和 F₂(15.36 mg/g)。果实蔗糖含量在贮藏过程中呈现下降趋势,并且 F₃ 处理果实的含量显著高于对照,而 F₁ 和 F₂ 与对照差异不明显(图 4C)。

柠檬酸在贮藏过程中呈现下降趋势。在贮藏 0 d 时,3 种覆膜处理果实的柠檬酸含量均显著低于对照。在贮藏 60~80 d 期间, F₃ 显著高于对照,其余贮藏各处理与对照均无显著差异(图 4D)。此外,酒石酸和苹果酸在贮藏过程中呈现下降趋势,不同处理与对照之间无显著差异(图 4E, F)。

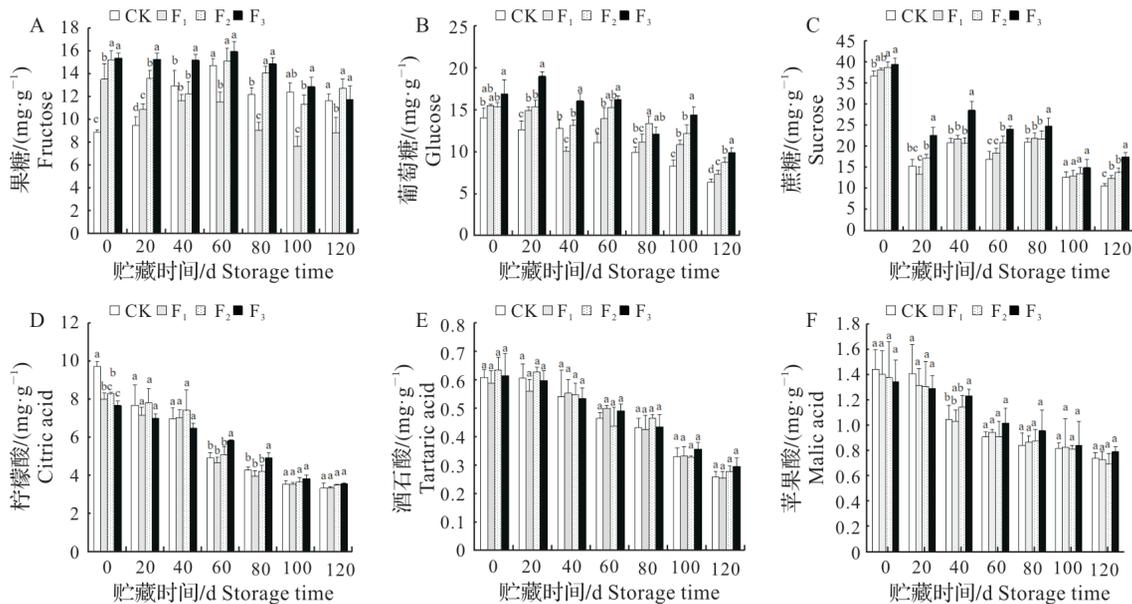


图 4 不同覆膜处理对‘纽荷尔’脐橙贮藏期间果糖(A)、葡萄糖(B)、蔗糖(C)、柠檬酸(D)、酒石酸(E)和苹果酸(F)含量的影响

Fig.4 Effects of mulching treatments on the contents of fructose(A), glucose(B), sucrose(C), citric acid(D), tartaric acid(E), and malic acid(F) of ‘Newhall’ navel orange during storage

3 讨论与结论

土壤理化性质和光照是影响果树生长和果实品质的重要环境因素。赣南脐橙转色期气温较高,土壤中水分蒸发快,不利于脐橙果树的生长。此外,树冠内的弱光照会影响果实着色和糖分积累。覆膜能提高树冠内光照,稳定土壤水分和土壤温度,对果树生长和品质提升起促进作用。张卓等^[24]研究发现甜樱桃覆盖反光膜显著改善了树冠离地 90 cm 和 130 cm 处的光照强度。李寒等^[25]研究发现苹果覆盖地布后提高了土壤含水量,同时土壤温度变化不大,稳定了土壤热环境。本研究中覆盖反光膜(F₂和 F₃)提高了 0.5 m 与 1 m 处的光照强度,但是覆膜后土壤水分减少,这可能与覆盖材料、土壤性质和果园管理方式不同有关。此外, F₂ 处理有较高的反射率,在 0.5 m 与 1 m 处的反射率分别达到 205.77%、190.48%,在使用中要注意铺设过早可能会引起果面灼伤。

果实着色是评价果实品质的重要指标。李文峰等^[26]研究发现枣树和苹果铺设反光膜能明显改善果实着色程度。毛力宾等^[27]研究发现杨梅覆盖反光膜后有效改善果实着色,同时提高了果实可溶性固形物含量。与前人研究相同,本研究发现不同覆膜处理均增加‘纽荷尔’脐橙果实贮藏前期(0~60 d)的红色和橙色比例,使果实色泽加深,并且 F₃ 效果最好。前人研究认为覆膜可以提高果实糖分含量,但对果实中酸含量的影响似乎没有规律。王竞等^[28]发现华红苹果覆盖反光膜显著增加果实可溶性糖含量,降低果实可滴定酸含量,对果实 Vc 含量有显著提高作用。范七君等^[22]发现沙田柚树冠覆膜提高果实的可溶性固形物、总糖和 Vc,降低了可滴定酸含量,提高了固酸比和糖酸比。吴韶辉等^[29]研究发现

南丰蜜桔覆盖反光膜有效提高了果实的可溶性固形物。本研究发现, F_2 和 F_3 处理可有效提升‘纽荷尔’果实可溶性固形物和可滴定酸含量。贮藏期(0 d)与对照组(CK)相比, F_2 处理使果实 TSS 含量显著提高 0.83%, 同时 TA 含量增加 0.03%; F_3 处理组 TSS 含量提升 0.57%, TA 含量较对照增加 0.01%。两组处理在维持果实风味物质方面均表现出积极调控作用。陈俊伟等^[30]和石学根等^[31]研究发现柑橘覆膜后提高了果糖、葡萄糖和蔗糖含量。与此相符, 本研究中 3 种覆膜处理均提高了果糖、葡萄糖和蔗糖含量, 但是对有机酸含量无影响。除了采收品质, 覆膜还可能影响果实的采后贮藏性。王晨冰等^[17]研究发现覆盖麦草后桃果实贮藏过程腐烂率下降。在本研究中 F_3 处理降低了果实失重率和腐烂率, 在贮藏期 60 d 分别为 1.87% 和 0.58%。对果实耐贮性的提高有积极作用。值得注意的是, F_1 处理增加了果实的腐烂率, 其原因有待研究。

不同覆膜材料对树体光照、土壤温湿度、果实品质和耐贮性的影响不同。综合比较 3 种覆膜材料的实际使用效果发现, F_3 处理即透湿性反光膜在提高果实采收品质和贮藏性方面有明显优势, 建议在生产上作为果园覆盖材料的首选。

参考文献 References:

- [1] 王小玲, 刘卓荣, 幸学俊, 等. 赣南脐橙生长发育期果实和叶片矿质营养与重金属元素的动态变化及相关性分析[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(11): 77-86.
WANG X L, LIU Z R, XING X J, et al. Dynamics changes and correlation of mineral nutrition and heavy metal elements in fruits and leaves of navel orange during growth and development in southern Jiangxi[J]. Journal of northwest A & F university(natural science edition), 2019, 47(11): 77-86.
- [2] 郭晓敏, 王景明, 闵嗣璠, 等. 赣南 4 个脐橙品种果肉、果皮营养成分比较[J]. 西北农业学报, 2011, 20(7): 127-131.
GUO X M, WANG J M, MIN S F, et al. The nutritional components of pulp peel in four varieties of navel oranges of southern Jiangxi Province[J]. Acta agriculturae boreali-occidentalis Sinica, 2011, 20(7): 127-131.
- [3] 凌丽俐, 彭良志, 淳长品, 等. 赣南纽荷尔脐橙叶片黄化与营养元素丰缺的相关性[J]. 中国农业科学, 2010, 43(17): 3602-3607.
LING L L, PENG L Z, CHUN C P, et al. Relationship between leaf yellowing degree and nutrimental elements levels in navel orange (*Citrus sinensis* osbeck) leaves in southern Jiangxi Province of China[J]. Scientia agricultura Sinica, 2010, 43(17): 3602-3607.
- [4] 刘雪峰, 袁项成, 马晓丽, 等. 树冠覆盖材料对塔罗科血橙果实品质的影响[J]. 果树资源学报, 2024, 5(1): 35-39.
LIU X F, YUAN X C, MA X L, et al. Effect of canopy covering materials on the fruit quality of Taroko blood orange[J]. Journal of fruit resources, 2024, 5(1): 35-39.
- [5] 王文, 王振磊, 吴翠云, 等. 不同覆盖材料对干旱区枣园土壤温度、水分及果实品质的影响[J]. 塔里木大学学报, 2022, 34(3): 32-39.
WANG W, WANG Z L, WU C Y, et al. Effects of different mulching materials on soil temperature, water content and fruit quality of jujube orchards in arid regions[J]. Journal of Tarim university, 2022, 34(3): 32-39.
- [6] 李靖, 孙淑霞, 陈栋, 等. 不同覆盖材料对设施大五星枇杷果实品质的影响[J]. 西南农业学报, 2011, 24(2): 695-698.
LI J, SUN S X, CHEN D, et al. Effect of different cladding materials on quality of loquat fruit of Dawuxing in greenhouse[J]. Southwest China journal of agricultural sciences, 2011, 24(2): 695-698.
- [7] 陈汝, 黄永业, 季兴录, 等. 不同覆盖材料对‘烟富 10’果园土壤、叶片及果实品质的影响[J]. 天津农业科学, 2018, 24(2): 45-47.
CHEN R, HUANG Y Y, JI X L, et al. Effects of different mulching materials on soil, leaf and fruit quality of ‘Yanfu 10’ red Fuji apple[J]. Tianjin agricultural sciences, 2018, 24(2): 45-47.
- [8] BHUSAL N, HAN S G, YOON T M, et al. Summer pruning and reflective film enhance fruit quality in excessively tall spindle apple trees[J]. Horticulture, environment, and biotechnology, 2017, 58: 560-567.
- [9] YUAN Y, XIE Y M, LIU B, et al. To improve grape photosynthesis, yield and fruit quality by covering reflective film on the ground of a protected facility[J]. Scientia horticulturae, 2024, 327: 112792.

- [10] KUMAR A, AVASTHE K R, RAMEASH K, et al. Influence of growth conditions on yield, quality and diseases of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) var Ofra and Chandler under mid hills of Sikkim Himalaya [J]. *Scientia horticulturae*, 2011, 130(1): 43-48.
- [11] 宁少君, 魏清江, 辜青青, 等. 反光膜对南丰蜜橘光合特性及果实品质的影响 [J]. *江西农业大学学报*, 2020, 42(1): 31-39.
NING S J, WEI Q J, GU Q Q, et al. Effects of reflecting film mulching on photosynthetic characteristics and fruit quality of Nanfeng tangerine [J]. *Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis*, 2020, 42(1): 31-39.
- [12] WANG Y, FU X K, HE W, et al. Effect of plastic film mulching on fruit quality of citrus grandis cv. 'Hongroumiyou' and 'Sanhongmiyou' [J]. *IOP conference series: earth and environmental science*, 2019, 358: 022030.
- [13] GULLO G, DATTOLA A, VONELLA V, et al. Effects of two reflective materials on gas exchange, yield, and fruit quality of sweet orange tree *Citrus sinensis* (L.) Osb. [J]. *European journal of agronomy*, 2020, 118: 126071.
- [14] 宋洋, 胡丹, 陈巍, 等. 反光膜对四季柚/tree 微环境及果实品质的影响 [J]. *浙江农业科学*, 2020, 61(7): 1306-1309.
SONG Y, HU D, CHEN W, et al. Effects of different reflective films on microenvironment and fruit quality of pomelo variety Sijiyou [J]. *Journal of Zhejiang agricultural sciences*, 2020, 61(7): 1306-1309.
- [15] 曾译可, 石莹, 陈思怡, 等. 地面覆膜提升椪柑果实品质的效果和可能机制探究 [J]. *园艺学报*, 2022, 49(11): 2419-2430.
ZENG Y K, SHI Y, CHEN S Y, et al. Effects of film mulching on improving fruit quality of Ponkan and possible mechanisms [J]. *Acta horticulturae Sinica*, 2022, 49(11): 2419-2430.
- [16] DONG W, LU Y J, YANG T B, et al. Effect of genotype and plastic film type on strawberry fruit quality and post-harvest shelf life [J]. *International journal of fruit science*, 2020, 20(4): 750-767.
- [17] 王晨冰, 庞玉霞, 牛茹萱, 等. 果园地面覆盖方式对桃果实常温贮藏条件下品质的影响 [J]. *甘肃农业科技*, 2019, 12: 21-24.
WANG C B, PENG Y X, NIU R X, et al. Effect of orchard ground cover on quality of peach fruit under normal temperature [J]. *Gansu agricultural science and technology*, 2019, 12: 21-24.
- [18] 高恒锦, 吴韶辉, 闫树堂, 等. 透湿性反光膜连年使用对'由良'温州蜜柑果实品质的影响 [J]. *中国南方果树*, 2022, 51(4): 34-38.
GAO H J, WU S H, YAN S T, et al. Effects of continuous use of vapor-permeable reflective film mulching on fruit quality of Yura Satsuma [J]. *South China fruits*, 2022, 51(4): 34-38.
- [19] 宁少君. 银黑色反光膜对南丰蜜橘果园土壤性状和果实品质的影响 [D]. 南昌: 江西农业大学, 2018.
NING S J. Effects of silver black reflective film on soil properties and fruit quality of Nanfeng tangerine [D]. Nanchang: Jiangxi Agricultural University, 2018.
- [20] CHEN Z W, MA Q L, ZHENG S, et al. Effect of pre-harvest calcium treatment on post-harvest fruit quality of Nanfeng tangerine [J]. *Horticulturae*, 2024, 10(4): 381.
- [21] 林雄, 李宏祥, 张亚男, 等. 主成分分析法综合评价采收成熟度对金兰柚贮藏特性的影响 [J]. *食品与发酵工业*, 2020, 46(9): 217-224.
LIN X, LI H X, ZHANG Y N, et al. Effects of harvest maturity on storage properties of Jinlan pomelo based on principal component analysis [J]. *Food and fermentation industries*, 2020, 46(9): 217-224.
- [22] 范七君, 丁萍, 肖有文, 等. 果实成熟期覆膜控水对沙田柚果实品质的影响 [J]. *南方园艺*, 2024, 35(3): 1-6.
FAN Q J, DING P, XIAO Y W, et al. Effect of plastic film covering and water control during fruit maturation on quality of Shatian pomelo [J]. *Southern horticulture*, 2024, 35(3): 1-6.
- [23] 郑爽, 郑胃发, 刘善军, 等. '玉环柚' 3 个杂交组合 F₁ 代果实品质特性及评价 [J]. *江西农业大学学报*, 2024, 46(5): 1196-1205.
ZHENG S, ZHENG Z F, LIU S J, et al. Fruit quality characteristics and evaluation in F₁ generation of three hybrid combinations of 'Yuhuan柚' (*Citrus grandis*) [J]. *Acta agriculturae universitatis Jiangxiensis*, 2024, 46(5): 1196-1205.
- [24] 张卓, 王磊, 高洁, 等. 透湿性反光膜覆盖对设施甜樱桃树冠光照及果实品质的影响初报 [J]. *中国果树*, 2019, 3: 54-56.

- ZHANG Z, WANG L, GAO J, et al. Preliminary study of vapor-permeable reflective film on light intensity of canopy and fruit quality of sweet cherries in greenhouse[J]. *China fruits*, 2019, 3: 54-56.
- [25] 李寒, 郝赛鹏, 郭素萍, 等. 地布覆盖对苹果园土壤水热环境及果实品质的影响[J]. *林业科技通讯*, 2019, 10: 44-47.
- LI H, HE S P, GUO S P, et al. Effects of ground cloth mulching on soil water and heat environment and fruit quality in apple orchard[J]. *Forest science and technology*, 2019, 10: 44-47.
- [26] 李文峰, 郭晓雨, 张晓慧, 等. 铺设透湿性反光膜对玉铃铛枣果实着色及品质的影响[J]. *湖南农业科学*, 2022, 9: 1-3.
- LI W F, GUO X Y, ZHANG X H, et al. Effect of moisture-permeable reflective film on fruit coloration and quality of 'Jade Bell' Jujube[J]. *Hunan agricultural sciences*, 2022, 9: 1-3.
- [27] 毛力宾, 董灵江, 黄金道, 等. 透湿性反光膜覆盖对罗幔杨梅果实品质的影响[J]. *浙江农业科学*, 2022, 63(12): 2844-2846.
- MAO L B, DONG L J, HUANG J D, et al. Effect of moisture permeable reflective film covering on fruit quality of berry[J]. *Journal of Zhejiang agricultural sciences*, 2022, 63(12): 2844-2846.
- [28] 王竞, 周江涛, 陈华, 等. 树下铺设不同反光膜对华红苹果果实品质的影响[J]. *中国果树*, 2024, 250(8): 1-7.
- WANG J, ZHOU J T, CHEN H, et al. Effect of different reflective films on the fruit quality of 'Huahong' apple[J]. *China fruits*, 2024, 250(8): 1-7.
- [29] 吴韶辉, 平新亮, 王燕斌, 等. 特卫强地面覆盖对南丰蜜橘果实品质的影响研究[J]. *浙江柑橘*, 2017, 34(3): 16-20.
- WU S H, PING X L, WANG Y B, et al. Effect of Tyvek ground cover on fruit quality of Nanfeng Satsuma[J]. *Zhejiang ganju*, 2017, 34(3): 16-20.
- [30] 陈俊伟, 谢鸣, 徐红霞, 等. 透湿性反光膜覆盖对‘宫川’温州蜜柑果实品质的影响[J]. *浙江农业学报*, 2011, 23(6): 1095-1099.
- CHEN J W, XIE M, XU H X, et al. Effects of mulch using vapor permeable light reflecting film on fruit quality of Satsuma mandarin[J]. *Acta agriculturae Zhejiangensis*, 2011, 23(6): 1095-1099.
- [31] 石学根, 陈俊伟, 徐红霞, 等. 透湿性反光膜覆盖对椪柑果实品质的影响[J]. *果树学报*, 2011, 28(3): 418-422.
- SHI X G, CHEN J W, XU H X, et al. Effects of vapor-permeable reflective film mulch on fruit quality of Ponkan tangerine[J]. *Journal of fruit science*, 2011, 28(3): 418-422.