DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2026.0015

关中地区大拱棚多膜覆盖对小果型西瓜生长和产量的影响

朱雪荣,许丽婷,孟 延,问亚军,王振仓,王永朝,马飞明

(渭南市农业科学研究院 陕西渭南 714000)

摘 要:为更好地指导关中地区早春大棚多膜覆盖小果型西瓜生产,探讨了大拱棚不同覆盖层数下的小气候因素对小果型西瓜产量、品质及经济效益的影响。结果表明,五膜覆盖大棚空气平均温度较四膜、三膜分别高 1.65、3.83 ℃,土壤温度高且稳定性最优,更利于西瓜缓苗、伸蔓和坐果;五膜覆盖西瓜早上市,比四膜提前 8 d、比三膜提前 16 d;五膜覆盖西瓜中心可溶性固形物含量(*w*,后同,11.33%)、单瓜质量和 667 m^2 产量均略低于其他处理,产值比四膜大棚高 2 071.84 元•667 m^{-2},比三膜大棚高 3 335.92 元•667 m^{-2}。综上所述,五膜覆盖可有效优化棚室微环境、促进西瓜早熟,是关中地区早春大棚小果型西瓜抢早栽培的最优模式。

关键词:小果型西瓜;大拱棚;多膜覆盖;生长;产量;品质

中图分类号:S651 **文献标志码:**A **文章编号:**1673-2871(2026)10-103-06

Effects of multi-film covering in large arch greenhouse on the growth and yield of small-fruited watermelon in Guanzhong region

Zhu Xuerong, Xu Liting, Meng Yan, Wen Yajun, Wang Zhencang, Wang Yongchao, Ma Feiming

(*Weinan Academy of Agricultural Sciences, Weinan 714000, Shaanxi, China*)

Abstract: In order to better guide the production of small-fruited watermelon under multi-film covering in large arch greenhouse in early spring in Guanzhong region, this study investigated the effects of microclimatic factors under different numbers of film layers on the yield, quality, and economic benefit of small-fruited watermelon. The results showed that the average air temperature in the five-film-covered greenhouse was 1.65 ℃ and 3.83 ℃ higher than that in the four-film and three-film, respectively. The soil temperature was also higher and exhibited the best stability in the five-film-covered greenhouse, which was more favorable for watermelon seedling recovery, vine extension, and fruit setting. The five-film coverage resulted in earlier maturity, with the harvest time being 8 days earlier than that of the four-film treatment and 16 days earlier than that of the three-film treatment. Although the five-film coverage showed slightly lower value in central soluble solids content(11.33%), single fruit mass, and yield per 667 m^2 compared with the other treatments, its output value per 667 m^2 increased by 2 071.84 yuan and 3 335.92 yuan compared with the four-film and three-film treatments, respectively. In conclusion, five-film coverage can effectively optimize the greenhouse microenvironment and promote early growth and maturity, representing the optimal cultivation model for early spring small-fruited watermelon production in large arch greenhouse in Guanzhong region.

Key words: Small-fruited watermelon; Large arch greenhouse; Multi-film covering; Growth; Yield; Quality

西瓜是典型的冷敏感作物,兼具喜温耐热的生理特性,不仅是夏季市场上广受欢迎的时令水果,更是我国设施园艺产业中的特色高效作物[1]。其中小果型西瓜凭借果实小巧、薄皮多汁、甜度高、口感细腻等特点,在消费市场中日益受到青睐[2-4]。关中地区地处陕西省中部,属暖温带半湿润半干旱气候,光热资源充沛,西瓜栽培历史悠久,种植面积 3.44 万 hm^2[5],是我国西北重要的西瓜保护地产区。设施栽培约占 95%以上,其中主要设施类型为 8~10 m 跨度大拱棚。近年来,为抢早上市、抢占市场

收稿日期:2026-01-07;**修回日期:**2026-05-25

基金项目:国家西甜瓜产业技术体系渭南综合试验站项目(CARS-25-2025-Z12);陕西省农业领域重点研发项目(2018ZDXM-NY-013);渭南市特殊人才支持计划(2020(104)-36);渭南市农业重点研发项目(2022ZDYFJH-150)

作者简介:朱雪荣,女,高级农艺师,主要从事西瓜、甜瓜栽培研究工作。E-mail:Zxuerong@163.com

通信作者:问亚军,男,正高级农艺师,主要从事西瓜、甜瓜育种及栽培技术推广工作。E-mail:WNWYJ@126.com

高价、提升种植效益，关中地区早春大拱棚小果型多膜覆盖西瓜栽培面积呈逐年扩大趋势[6]。

关中地区早春倒春寒频发，不仅易引发幼苗冷害、冻害，抑制缓苗与植株正常生长，还影响花期授粉和坐果，最终导致西瓜较预期延迟上市，甚至产量偏低、品质不佳，种植效益难以实现最大化。李花利等[6]在宝鸡地区早春爬地西瓜上研究发现，四膜覆盖效果最好，比三膜覆盖、二膜覆盖保温性能好，可使棚内西瓜早定植、早上市，售价高。目前，关中地区大棚多膜覆盖西瓜多为吊蔓栽培小果型西瓜，费工费时，投入高，且有逐年提早生产的趋势。多膜覆盖后小气候对抵御低温的效应在河套灌区[7]、河北衡水[8]和浙江台州[9]等地均有研究，但针对关中地区特定气候条件下的研究较少。因此，本试验通过动态监测五膜、四膜和三膜3种覆盖方式下小果型西瓜全生育期的小气候变化，分析不同覆盖方式对产量、品质及种植经济效益的影响，明确关中地区多膜覆盖抵御早春低温的效果，为瓜农开展小果型西瓜大拱棚多膜覆盖优质高效生产提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 材料

大棚西瓜多膜覆盖设为：五膜覆盖（大棚+二幕+中拱棚+小拱棚+地膜）、四膜覆盖（大棚+二幕+小拱棚+地膜）、三膜覆盖（大棚+二幕+地膜）。在同一连栋大棚内每种覆盖设置一个单体棚，大棚面积均为630 m²，采用杭州路格科技有限公司生产的温湿度记录仪（型号：L99-TWS-4）监测土壤温、湿度和空气测量仪（型号：L95-8）测量空气温湿度。西瓜品种为小果型红瓤西瓜惠丽938，来源于荷兰BEJO种子公司。

1.2 方法

试验于2023年1—6月在渭南市农业科学研究院蒲城试验基地进行。该基地平均海拔596 m，年平均气温13.7 ℃，年平均日照2 228.9 h，年平均总降水量519.9 mm。2023年1月1日播种砧木（50孔），2023年1月12日播种接穗，1月22日采用插接法嫁接，3月8日定植，株距0.45 m，行距1.5 m，每667 m²定植1824株，吊蔓，双蔓整枝。大棚三膜、四膜、五膜覆盖放风根据大棚实际温度管理，4月15日三膜、四膜、五膜大棚均撤去二幕。将温、湿度数据测量仪分别置于处理行中心，空气测量仪距离地面0.4 m，土壤测量仪埋入垄内10 cm和20 cm处，测定时间从3月9日到4月20日，每2 h记录一次整点数据。定植后每个棚室随机选择3垄为1个重复，每垄选取4株西瓜，于定植后14、21和35 d测定植株高度和叶片数，设3个重复；当果实成熟时，每个棚室随机选取6垄为1个重复，每1垄随机采收2个瓜，测定果实纵径及横径、中心可溶性固形物含量、单瓜质量等指标，设3个重复。产值 = 折合667 m²产量 × 头茬西瓜价格。

1.3 项目测定

生长期叶片数量和植株高度测定：用卷尺测量根茎部到生长点的高度，并记录功能叶片数。授粉日期和采收日期为每棚室授粉株数和采收数量最多的日期。果实成熟后，根据《西瓜种质资源描述规范和数据标准》[10]进行果实纵、横径及产量的测定。果形指数=果实纵径/横径。产量：根据各小区平均单瓜质量与小区面积折合667 m²产量。采用爱拓PAL-1数显折光仪测量中心可溶性固形物含量。

1.4 数据处理与作图

采用Microsoft Excel 2019进行数据处理和作图，采用SPSS 20.0进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜方式对大棚空气温湿度的影响

2.1.1 不同覆膜方式对大棚平均气温的影响 三膜、四膜、五膜覆盖大棚内平均气温变化（即3月9日到4月20日）见图1。白天和夜间气温均为五膜覆盖最高，四膜覆盖次之，三膜覆盖最低。不同覆盖方式棚内最高平均气温出现时间均为13：00，五膜覆盖大棚最高气温为32.19 ℃，分别比四膜覆盖高1.65 ℃，比三膜大棚高3.83 ℃。白天（09：00—17：00）五膜覆盖大棚平均气温为26.01 ℃，比四膜大棚高1.33 ℃，比三膜大棚高2.71 ℃。夜间（19：00—07：00）五膜覆盖大棚平均气温为14.75 ℃，比四膜大棚高0.51 ℃，比三膜大棚高1.13 ℃。说明五膜覆盖大棚白天升温效果和夜间保温效果均好于其他2种覆盖形式，有利于定植后西瓜缓苗、伸蔓与坐果。

2.1.2 不同覆膜方式对大棚空气相对湿度的影响 不同覆盖方式棚内平均空气相对湿度对比（即3月9日到4月20日）见图2，早晚平均空气相对湿度较高，中午最低。不同覆盖方式棚内最低平均空气相对湿度出现时间均为13：00。五膜覆盖棚内平均空气相对湿度为77.38%，比四膜覆盖棚内高

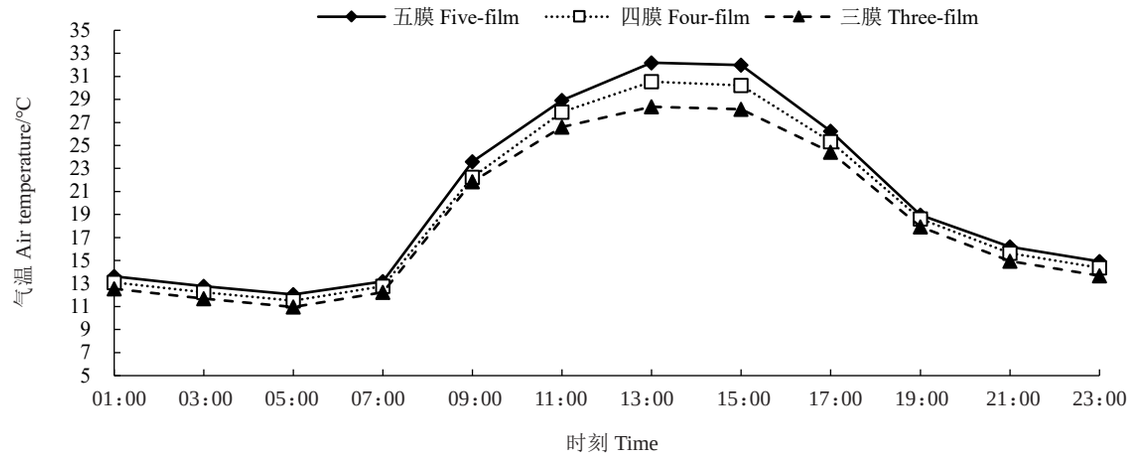


图 1　不同覆膜方式棚内日平均气温

Fig. 1　Daily average air temperature in greenhouse with different film mulching methods

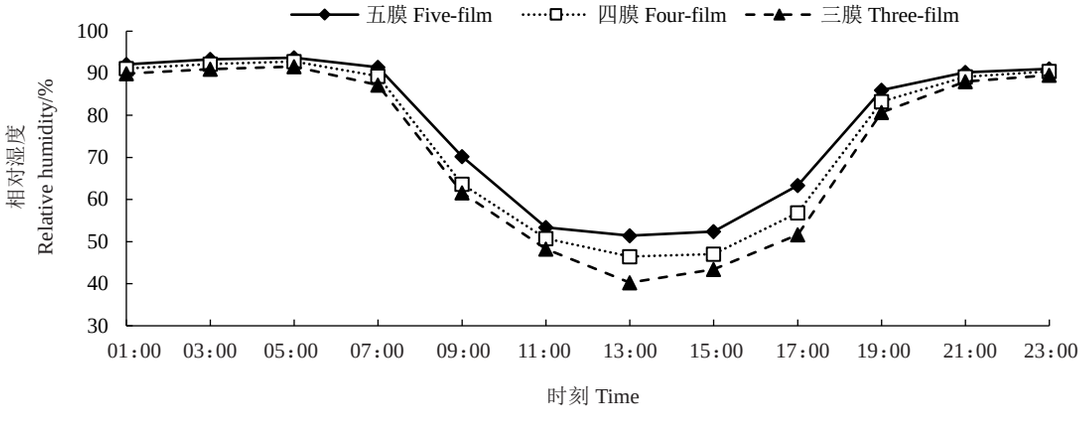


图 2　不同覆膜方式棚内日平均空气相对湿度

Fig. 2　Daily average relative humidity in greenhouse with different film mulching methods

2.97 个百分点，比三膜覆盖棚内高 5.48 个百分点。而在全天不同时段，五膜覆盖平均空气相对湿度分别比四膜覆盖高 0.90~6.53 个百分点，比三膜覆盖高 2.10~11.16 个百分点。白天（09:00－17:00）各处理间空气相对湿度差异大，五膜覆盖大棚内平均空气相对湿度 58.14%，四膜覆盖平均空气相对湿度 52.94%，三膜覆盖平均空气相对湿度 49.02%；夜间（19:00－07:00）空气相对湿度各处理间差异不大，五膜覆盖大棚内平均空气相对湿度为 91.13%，四膜覆盖为 89.65%，三膜覆盖为 88.08%。

2.1.3　不同覆膜方式对大棚空气最低温度的影响　不同覆盖方式最低温度对比见图 3，极端最低温度出现在 3 月 19 日 07:00，此时外界气温为−1.7 ℃，五膜覆盖棚内最低温度为 7.9 ℃，四膜覆盖最低温度为 4.6 ℃，三膜覆盖最低温度为 0.8 ℃。从 3 月 9 日到 4 月 20 日是西瓜缓苗伸蔓关键期，五膜、四膜和三膜覆盖平均最低温度分别为 11.39、9.40 和 7.00 ℃；五膜覆盖日最低温度变化范围为 7.40~20.30 ℃，四膜覆盖变化范围为 4.00~19.80 ℃，三膜覆盖变化范围为 0.80~18.50 ℃。

2.2　不同覆盖方式对土壤温度的影响

不同覆盖方式下土壤平均温度对比见图 4。三膜覆盖 10 cm 土层最低温度出现在 07:00，四膜和五膜覆盖为 09:00；三膜覆盖平均最高温度出现在 15:00，四膜覆盖出现在 17:00，五膜覆盖出现在 19:00。三膜覆盖下 10 cm 土层温度波动范围为 18.18~26.34 ℃，四膜覆盖为 18.37~24.42 ℃，五膜覆盖波动最小，为 20.58~24.12 ℃。

20 cm 土层土壤温度也有相似规律，且 3 种覆盖方式平均温度波动幅度均小于 10 cm 土层。三膜覆盖 20 cm 土层最低温度出现在 09:00，四膜和五膜覆盖出现在 11:00；三膜和四膜覆盖平均最高温度出现在 19:00，五膜覆盖出现在 21:00。三膜覆盖下 20 cm 土层温度波动范围为 19.24~

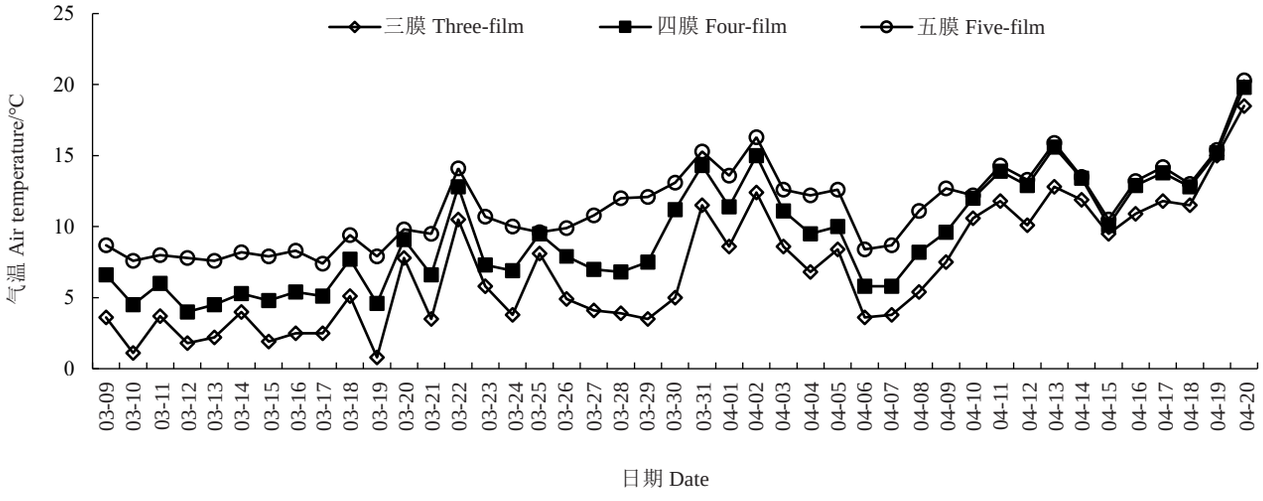


图 3　不同覆膜方式棚内最低气温

Fig. 3　The lowest air temperature in greenhouse with different film mulching methods

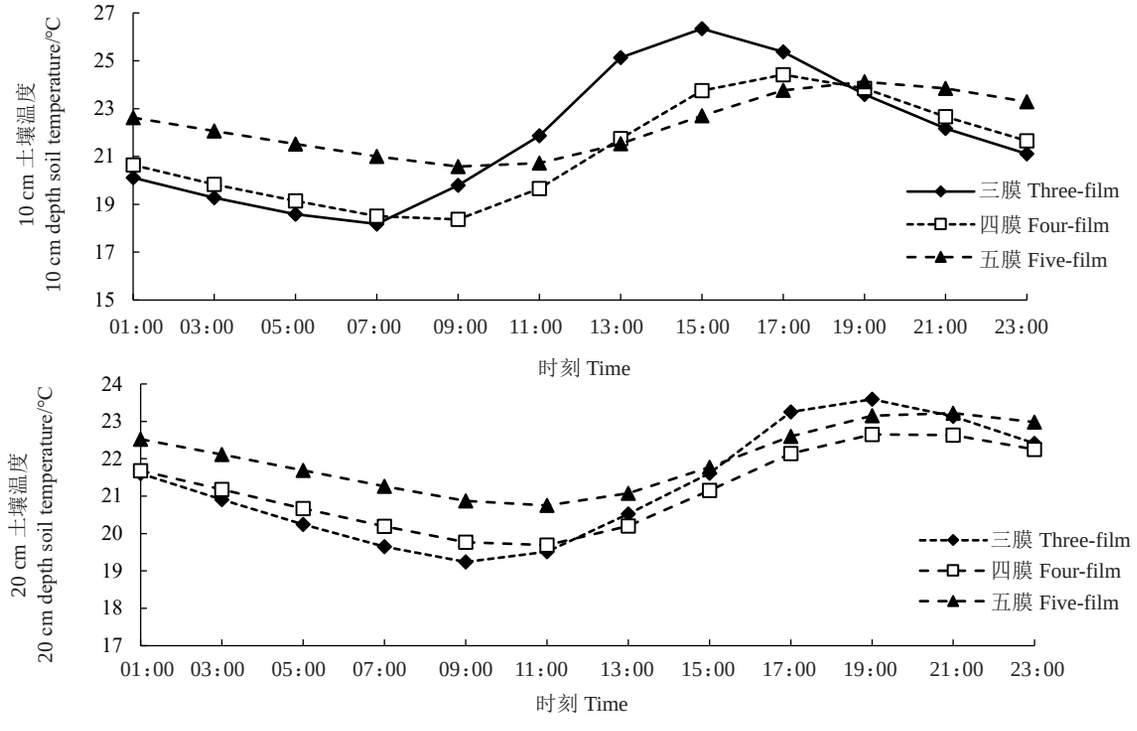


图 4　不同覆膜方式棚内 **10**、**20 cm** 处土壤温度

Fig. 4　Soil temperature at 10 cm and 20 cm in greenhouse with different film mulching methods

23.59 ℃，四膜覆盖为 19.69~22.63 ℃，五膜覆盖的 20 cm 土层土壤平均温度最高且波动最小，为 20.75~23.22 ℃。

2.3　不同覆盖方式对西瓜生长的影响

不同覆盖方式对西瓜生长前期影响不同。由表 1 可知，五膜覆盖株高最高，定植后 14、21 和 35 d 株高分别是 15.00、56.80 和 160.00 cm，显著高于三膜覆盖；四膜覆盖株高高于三膜覆盖，与五膜覆盖差异不显著；三膜覆盖在生长前期株高最低，定植后 14、21 和 35 d 株高分别是 10.25、17.50 和 98.05 cm。五膜覆盖植株叶片数在定植后 14、21 和 35 d 分别是 4.15、7.03 和 18.16 片，显著多于三膜覆盖；四膜覆盖植株叶片数在定植后 14 d 是 3.23 片，与三膜和五膜覆盖差异不显著，在定植后 21、35 d 分别是 5.22、14.24 片，与三膜和五膜覆盖差异显著；三膜覆盖植株叶片数在

表 1　不同覆盖方式对西瓜生长的影响

Table 1　Effects of different mulching methods on watermelon growth

处理 Treatment	定植后 14 d 14 days after colonization		定植后 21 d 21 days after colonization		定植后 35 d 35 days after colonization		授粉日期 Pollination date	采收日期 Harvest date
	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaf number	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaf number	株高 Plant height/cm	叶片数 Leaf number		
三膜 Three -film	10.25 b	2.12 b	17.50 c	3.10 c	98.05 b	12.30 c	04-15	06-09
四膜 Four -film	13.75 ab	3.23 ab	39.13 b	5.22 b	119.00 ab	14.24 b	04-10	06-01
五膜 Five -film	15.00 a	4.15 a	56.80 a	7.03 a	160.00 a	18.16 a	04-06	05-24

注：同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

定植后 14、21 和 35 d 叶片数最少，分别是 2.12、3.10 和 12.30 片。

2.4　产量、品质与效益比较

由表 2 可知，五膜覆盖大棚西瓜平均单瓜质量 1.71 kg，与四膜处理差异不显著；三膜覆盖大棚西瓜平均单瓜质量 2.03 kg，显著高于五膜和四膜处理。五膜覆盖 667 m^2 产量 3 146.4 kg，比四膜覆盖少 257.6 kg，比三膜覆盖少 588.8 kg；中心可溶性固形物含量为 11.33%，比四膜覆盖略低，比三膜覆盖低 0.68 个百分点。

从头茬西瓜上市时间来看，五膜覆盖大棚西瓜 5 月 24 日采收，较四膜覆盖（6 月 1 日）提前 8 d，较三膜覆盖（6 月 9 日）提前 16 d，早上市、单价高，产值比四膜覆盖大棚高 2 071.84 元•667 m^{-2}，比三膜覆盖大棚高 3 335.92 元•667 m^{-2}。

表 2　不同覆盖方式的小果型西瓜品质、产量和经济效益比较

Table 2　Comparison of quality, yield and economic benefits of small fruit watermelon under different mulching methods

处理 Treatment	*w*（中心可溶性固形物） Central soluble solids content/%	果形指数 Fruit shape index	平均单瓜质量 Average single fruit mass/kg	667 m^2 产量 Yield per 667 m^2/kg	头茬西瓜价格 First crop watermelon price/（yuan·kg^{-1}）	产值 Output/（yuan·667 m^{-2}）
五膜 Five-film	11.33 b	1.08 b	1.71 b	3 146.4	3.85	12 113.64
四膜 Four-film	11.66 ab	1.16 b	1.85 b	3 404.0	2.95	10 041.80
三膜 Three-film	12.01 a	1.17 a	2.03 a	3 735.2	2.35	8 777.72

3　讨论与结论

不同覆膜方式通过调控大棚内温湿度环境与土壤热环境，影响小果型西瓜的生长发育、产量及品质。五膜覆盖通过“大棚+二幕+中拱棚+小拱棚+地膜”的多层结构，构建了更稳定的保温体系，其空气平均温度较四膜、三膜分别提高 1.65、3.83 ℃，夜间最低温度优势尤为突出，生长前期（3 月 9—30 日）较四膜、三膜分别高 2.69 和 5.46 ℃，有效避免了关中地区早春常发的低温冷害，为西瓜定植后缓苗提供了适宜的温度条件。姜伟等[7]研究证实，大棚多层覆盖增温保温促早延后技术，能使棚内温度提高 5~8 ℃，甜瓜提早定植 7~13 d，提早上市 8~10 d。适度提高夜间温度可促进西瓜根系生长[8-9]，进而加快地上部植株增长和叶片分化，这也是五膜覆盖定植后 35 d 株高（160.00 cm）和叶片数（18.16 片）显著优于其他处理的关键原因，与地膜覆盖通过增温保墒促进作物生长的普遍规律相符[11-13]。土壤温度的稳定性对西瓜根系生长至关重要，五膜覆盖 10、20 cm 土层温度波动分别为 3.54、2.47 ℃，明显小于三膜覆盖的 8.16 和 4.35 ℃，这种稳定的土壤热环境缓解了温度骤变对根系吸水吸肥能力的抑制，为植株持续生长提供了保障。而在空气相对湿度方面，五膜覆盖平均空气相对湿度（77.38%）高于四膜和三膜，白天（09：00—17：00）空气相对湿度虽随温度升高而降低，但 58.14%的平均空气相对湿度水平仍能满足西瓜光合作用对水分的需求，同时避免了高湿环境引发的病害风险，这一温湿度协同效应与设施栽培中多层覆盖的微气候调控机制一致[14]。

在产量与品质的权衡上，五膜覆盖虽平均单瓜质量（1.71 kg）和 667 m^2 产量（3 146.4 kg）低于四膜

和三膜，中心可溶性固形物含量（11.33%）略低，但通过提前上市（较四膜提前 8 d，较三膜提前 16 d），借助早春市场高价优势（3.85 元·kg^{-1}），实现了 667 m^2 产值大幅提升，这与五膜覆盖较四膜提前上市可增加 667 m^2 收益的研究结果趋势一致[8,15-16]，凸显了“抢早上市”在设施西瓜生产中的经济效益核心地位。本试验中五膜覆盖处理仅比四膜覆盖处理提前上市 8 d，这可能是不同覆膜处理设置在同一连栋大棚内，处理间未设置保护区，导致不同处理间的气温和地温差距变小，五膜覆盖西瓜的成熟期相较于独立大棚五膜覆盖推迟，而四膜、三膜覆盖处理西瓜的成熟期提前，未完全体现出五膜覆盖增温效应的优势。五膜覆盖产量与可溶性固形物含量略降低，推测与多层覆盖导致的光照强度减弱相关，覆膜层数增加会降低棚内有效光合辐射，进而影响光合产物积累，这与设施栽培中“保温与透光平衡”的普遍规律相符[11]。北方早春西瓜栽培中，地膜覆盖虽能实现早熟增产，但也存在光照不足导致品质降低的问题，在生产中搭配高透光性薄膜、优化棚室结构提高透光率，可缓解这一问题，为产量与品质的协同提升提供可能性。

此外，不同覆膜方式的投入差异也需纳入生产决策考量。五膜覆盖较四膜、三膜分别增加投入 700 元·667 m^{-2}（400 元物料+300 元管理）和 1300 元·667 m^{-2}（800 元物料+500 元管理），但高投入通过溢价收入完全覆盖，且其夜间保温效果对极端低温年份的抗风险能力更强，更适合关中地区早春气温波动较大的气候特点。多层覆盖作为应对雨雪寒潮的关键技术，可有效降低低温冻害风险，而对于温度回升较快的区域或年份，四膜覆盖可在兼顾一定早熟性的同时，减少投入成本，是更具性价比的选择，这与多膜覆盖技术需根据区域气候灵活调整的实践经验一致。

本研究仅针对单一小果型西瓜品种和特定试验条件开展，未来可进一步探讨不同品种的适应性差异、覆膜材料透光性与保温性的优化组合，以及水肥管理措施与多膜覆盖模式的耦合效应，为关中地区设施西瓜的精细化栽培提供更全面的技术支持。

本研究结果表明，五膜覆盖通过优化棚内温湿度环境，促进西瓜早发早熟，虽产量与可溶性固形物含量略低于四膜、三膜覆盖，但经济效益最高，是关中地区早春大棚小果型西瓜抢早栽培的优选模式。

参考文献

[1] 李长根，孙兴祥，马江黎.6 种生长调节剂对西瓜低温胁迫的恢复效果[J].中国瓜菜，2019，32（8）：120-123.

[2] 马超，曾剑波，曾雄，等.北京地区春大棚小果型西瓜吊蔓密植抢早栽培技术[J].中国蔬菜，2014（1）：83-85.

[3] 朱宏华，高敏，何洁，等.小果型西瓜新品种西彩 1 号的选育[J].中国蔬菜，2023（12）：102-104.

[4] 徐兵划，张朝阳，顾妍，等.小果型西瓜新品种苏梦 10 号的选育[J].中国蔬菜，2025（11）：197-200.

[5] 马建祥，张显，张勇.陕西省西瓜产业现状及发展对策[J].中国瓜菜，2014，27（增刊 1）：165-166.

[6] 李花利，李晓萍，高海龙，等.大棚西瓜多膜覆盖栽培方式对比试验[J].西北园艺，2024（5）：53-54.

[7] 姜伟，史美荣，杜金伟，等.多层覆盖对河套灌区一年两茬大棚温度和产量的影响[J].现代农业，2021（6）：31-33.

[8] 张敬敬，武彦荣，高秀瑞，等.大棚多膜覆盖对西瓜产量和品质的影响[J].中国瓜菜，2015，28（1）：49-51.

[9] 陈可可.浙江冬季大棚不同覆盖方式保温效果研究[J].长江蔬菜，2011（12）：46-48.

[10] 马双武，刘君璞，王吉明，等.西瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京：中国农业出版社，2005.

[11] 蒋锐，郭升，马德帝.旱地雨养农业覆膜体系及其土壤生态环境效应[J].中国生态农业学报，2018，26（3）：317-328.

[12] Ma D，Chen L，Qu H C，et al.Impacts of plastic film mulching on crop yields，soil water，nitrate，and organic carbon in Northwestern China：A meta-analysis[J].Agricultural Water Management，2018，202：166-173.

[13] 李虹，马建军，王金保，等.不同厚度地膜对旱地土壤理化性质、玉米生长及残膜回收的影响[J].干旱地区农业研究，2026，44（2）：212-233.

[14] 何芬，魏晓明，蔡峰，等.多重保温覆盖连栋温室的设计及性能分析[J].中国农业大学学报，2021，26（2）：98-104.

[15] 杨晋丽.大棚西瓜多膜覆盖早熟高产栽培技术[J].农业技术与装备，2023（7）：176-178.

[16] 朱淑霞，孟雪丽.山东济宁塑料大棚多膜覆盖西瓜早熟高产栽培技术[J].农业工程技术，2025，45（9）：60-61.