

# 不同颜色地膜和增施生物有机肥对甜瓜生长、光能利用效率及果实品质的影响

刘斌<sup>1,2</sup>, 寇燕燕<sup>1,2</sup>, 陈亮<sup>2,3</sup>, 杨世梅<sup>2</sup>, 颀建明<sup>2</sup>

(1. 甘肃省景泰川电力提灌水资源利用中心 甘肃景泰 730400; 2. 甘肃农业大学园艺学院 兰州 730070; 3. 甘肃省农业工程技术研究院 甘肃武威 733006)

**摘要:**为探究不同颜色地膜和增施生物有机肥对甜瓜生长发育和光能利用效率的调控效应,在大田条件下以甜瓜为试材,研究了3种不同颜色地膜覆盖[黑膜(B)、黑白相间膜(W)、上银下黑双色膜(S)]和3种生物有机肥施用量[1800 kg·hm<sup>-2</sup>(H)、1200 kg·hm<sup>-2</sup>(M)、600 kg·hm<sup>-2</sup>(L)]对甜瓜生长发育、产量和光能利用效率(PUE)的影响。结果表明,不同颜色地膜处理下,S膜处理甜瓜的平均生物产量、经济产量和PUE较透明膜不施生物有机肥(CK)分别显著提高了23.35%、20.50%、23.61%,且显著高于W膜和B膜。甜瓜生育前期,在提高甜瓜叶面积指数和比叶质量方面表现为S膜>W膜>B膜,生育后期为S膜>B膜>W膜。S膜覆盖甜瓜果实可溶性糖和维生素C含量较CK分别显著提高了13.52%和26.21%,可滴定酸含量显著降低了17.07%。在不同处理组合下,SM、SH较其他组合处理增加了甜瓜全生育期的蔓长和比叶质量、果实膨大期和成熟期的叶面积指数及成熟期的茎粗,提高了甜瓜果实可溶性糖和维生素C含量,降低了可滴定酸含量。在产量和光能利用效率方面,SM、SH处理的生物产量、经济产量和PUE较CK分别显著提高了24.54%、22.98%、23.61%和24.95%、21.74%、25.00%。综上,建议河西走廊沙漠绿洲灌区甜瓜种植地膜颜色为上银下黑双色膜,增施生物有机肥用量为1200 kg·hm<sup>-2</sup>。

**关键词:**甜瓜;有色地膜;生物有机肥;生长发育;光能利用效率

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)11-086-09

## Effects of different colors of film mulching and additional application of bio-organic fertilizer on the growth, light energy use efficiency and fruit quality of melons

LIU Bin<sup>1,2</sup>, KOU Yanyan<sup>1,2</sup>, CHEN Liang<sup>2,3</sup>, YANG Shimei<sup>2</sup>, XIE Jianming<sup>2</sup>

(1. Gansu Jingtaichuan Irrigation Water Resources Utilization Center, Jingtai 730400, Gansu, China; 2. College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, Gansu, China; 3. Gansu Provincial Institute of Agricultural Engineering and Technology, Wuwei 733006, Gansu, China)

**Abstract:** In order to investigate the regulatory effects of different colors of mulch and additional application of bio-organic fertilizer on the growth, development and light energy use efficiency of melons, the effects of 3 different colors of mulch [black mulch (B), black and white mulch (W), and top silver and bottom black mulch (S)] and 3 kinds of bio-organic fertilizers [1800 kg·hm<sup>-2</sup>(H), 1200 kg·hm<sup>-2</sup>(M), and 600 kg·hm<sup>-2</sup>(L)] on the growth, development, yield and light energy use efficiency (PUE) were investigated under field conditions. The results showed that under different colors of film treatment, the average biological yield, economic yield, and PUE of melons treated with S film were significantly increased by 23.35%, 20.50%, and 23.61%, respectively, compared to those treated with transparent film without bio-organic fertilizer (CK), and were significantly higher than that of W film and B film. The improvement of leaf area index and specific leaf mass showed S film>W film>B film in the early stage, and it was S film>B film>W film in the late stage. The soluble sugar content and vitamin C of melon fruits covered with S film were significantly increased by 13.52% and 26.21%, respectively, while the content of titratable acid was significantly reduced by 17.07%, compared to that of CK. Under different treatment combinations, SM and SH increased the vine length, specific leaf mass, and leaf area index

收稿日期:2024-03-27;修回日期:2024-07-08

基金项目:甘肃省青年科技基金项目(23JRRD0001);甘肃省水利科学试验研究及技术推广项目(23GSLK041)

作者简介:刘斌,男,工程师,主要从事农业水利工程建设管理与作物栽培技术研究。E-mail:347582892@qq.com

通信作者:颀建明,男,教授,主要从事蔬菜栽培生理与生态研究。E-mail:1067151505@qq.com

throughout the entire growth period of melon, as well as the stem thickness during fruit enlargement and maturity. They also increased the soluble sugar and vitamin C content of melon fruits, while reducing the titratable acid content. In terms of yield and light energy use efficiency, SM and SH treatment significantly increased biological yield, economic yield and PUE by 24.54%, 22.98%, 23.61% and 24.95%, 21.74% and 25.00%, respectively, compared with CK. In conclusion, it is recommended that the color of the ground film for melon cultivation in the desert oasis irrigation area of the Hexi Corridor is upper silver and lower black bi-color film, and the fertilizer application rate of additional bio-organic fertilizer is 1200 kg·hm<sup>-2</sup>.

**Key words:** Melon; Colored mulch; Bio-organic fertilizer; Growth and development; Light energy use efficiency

地膜覆盖栽培是旱地农业高效节水用水和作物高产、稳产的关键实用技术<sup>[1]</sup>。研究表明,地膜覆盖能节水抗旱、保墒增墒,降低土壤水分的热能消耗,在一定程度上减少地表径流和肥料的挥发、淋溶和流失,可营造抑制杂草、增光提温及改善作物生长的非生物环境,提高作物水肥光利用效率,进一步促进作物生长发育,提质增产,广泛应用于小麦、玉米等粮食作物和蔬菜、果树等经济作物<sup>[2-5]</sup>。研究表明,透明地膜和白色地膜白天增温效果明显,但夜间保温性较差,膜下杂草丛生,不利于作物生长,且容易造成白色污染<sup>[6]</sup>。覆盖白色地膜可以显著促进作物生育前期的生长,但是土壤水肥过早的消耗会导致作物生长后期土壤水肥水平低下,出现早衰减产的现象<sup>[7]</sup>。为了改善和解决透明地膜和白色地膜覆盖的缺点及造成的生态问题,有色地膜<sup>[8]</sup>、除草地膜<sup>[9]</sup>、可降解地膜<sup>[10]</sup>、液态地膜和营养地膜<sup>[6]</sup>等不同功能和材质的地膜得到了开发和应用。

有色地膜是根据不同颜色染料对太阳光谱的透射、吸收和反射及作物、害虫对颜色的反应规律,在普通地膜中加入不同颜色的染料制成的<sup>[11]</sup>。研究表明,有色地膜不仅可以改善土壤环境,抑制田间杂草的发生和生长,还可以通过吸收和反射不同光线从而影响作物对光敏色素的吸收,进一步影响作物生长发育和产量<sup>[12]</sup>。研究表明,不同作物对不同颜色地膜的反应存在较大差异,青椒覆盖银灰色、无色及黑色地膜的产量均显著提高<sup>[13]</sup>。在果树行间铺设银灰色地膜能有效增加梨、苹果树冠下部叶片的光照,促进叶片的光合作用和花芽的形成,从而提高果实的成熟度和可溶性固形物含量,并且果实着色较好<sup>[14]</sup>。

研究表明,生物有机肥与无机化肥相比,养分长效、全面、均衡,施用后可以显著提高土壤有机碳的含量,有效改善作物的品质和提高作物产量<sup>[15]</sup>。生物有机肥增施底肥或追肥,可显著改善作物光合特性,促进养分均衡吸收,提高作物的产量和品质<sup>[16]</sup>。王玉红等<sup>[17]</sup>研究表明,增施生物有机肥能有效促进黄瓜植株生长,显著提高了株高、茎粗、

果实纵径及横径,增产率为 10.5%。张昆等<sup>[18]</sup>研究表明,增施有机肥可以提高茶叶氨基酸、咖啡碱和水浸出物的含量,进而提高茶叶产量与口感品质。

河西走廊沙漠绿洲灌区是我国西北地区重要的旱作农业区,具有光热资源丰富、土壤结构疏松等特性,是优质甜瓜的生产基地<sup>[19]</sup>。但近年来,民勤绿洲降水较少且为短时强降雨,土壤水分蒸发强烈,农业生产水分利用率低,瓜农为了获得高产和高效益,长期大量施用化肥导致的土壤理化性状降低等问题日益凸显,造成甜瓜产量和品质明显下降,农民收入和经济效益显著降低。长期以来,甜瓜增产提质的栽培措施大多集中在间套作<sup>[20]</sup>、水肥调控<sup>[21]</sup>等方面,而利用不同颜色地膜和增施生物有机肥等综合栽培措施对甜瓜生长发育、产量、品质和光能利用效率影响的研究鲜有报道。因此,笔者以甜瓜为试料,选用 3 种不同颜色地膜和增施不同生物有机肥施肥量,研究不同颜色地膜覆盖和增施生物有机肥量对甜瓜生长发育、产量、品质和光能利用效率的影响,探索适宜河西走廊沙漠绿洲灌区甜瓜种植较佳的地膜颜色和生物有机肥增施量,以期优化甜瓜高产高效、优质栽培关键技术提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验区概况

试验在甘肃省民勤县农业技术推广中心试验站进行。试验区位于甘肃河西内陆东段的民勤绿洲,为半封闭内陆荒漠区,温带大陆性极干旱气候,年均降水量 115 mm,且多为低于 5 mm 的无效降水,年蒸发量 2644 mm。冬冷夏热,光照充足,昼夜温差 25.2℃,年均气温 7.8℃,日照时数 3073 h,无霜期 162 d。

### 1.2 材料

供试甜瓜品种为民勤绿洲灌区主栽的早熟品种金红宝,由甘肃宇海农业科技有限公司选育。供试生物有机肥为沃华农生物有机肥,以乳酸菌及酵母菌为主体,其中有效菌数为 5000 万·g<sup>-1</sup> 以上,活

性成分:(氮+磷+钾)含量( $w$ ,后同) $\geq 5\%$ ,有机质含量45%,由山东沃华农业科技股份有限公司提供;供试地膜为黑膜、黑白相间膜、上银下黑双色膜和透明膜,由甘肃省武威市大和塑业有限公司提供。

### 1.3 试验设计

试验采用二因素裂区试验设计。设地膜覆盖颜色为主区,增施生物有机肥施肥量为副区。地膜覆盖颜色设3个水平,分别为黑膜(B)、黑白相间膜(W)、上银下黑双色膜(S);增施生物有机肥施肥量设3个水平,分别为高( $1800 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,H)、中( $1200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,M)、低( $600 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,L),共9个处理组合,分别为BH、BM、BL、WH、WM、WL、SH、SM、SL,以覆透明膜不施生物有机肥为对照(CK)(表1)。试验共10个组合处理,3次重复,30个小区,小区面积为 $2 \text{ m} \times 20 \text{ m} = 40 \text{ m}^2$ 。甜瓜于2021年5月2日种植,8月8日收获。

表1 试验方案设计  
Table 1 Experimental design

处理 Treatment	覆盖地膜颜色 Mulching color	增施生物有机肥 施肥量 Additional bio-organic fertilizer application/ ( $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
BH	黑 Black	1800
BM	黑 Black	1200
BL	黑 Black	600
WH	黑白相间 Black and white	1800
WM	黑白相间 Black and white	1200
WL	黑白相间 Black and white	600
SH	上银下黑 Silver on top and black on bottom	1800
SM	上银下黑 Silver on top and black on bottom	1200
SL	上银下黑 Silver on top and black on bottom	600
CK	透明 Transparent	0

甜瓜采用水旱塘栽培方式,水旱塘宽2 m,水沟宽70 cm,旱塘宽130 cm,株距45 cm,保苗数为 $22\,000 \text{ 株} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,双蔓整枝,每株留1果。播种开沟时,将生物有机肥与传统基肥(当地施肥习惯为不施用生物有机肥)一次性集中施入,基肥为磷酸二铵[64%( $w$ ,后同)(N含量18%; $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量46%),云南三环中化化肥有限公司生产] $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、尿素[N含量 $\geq 46.4\%$ ,甘肃刘化(集团)有限责任公司生产] $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5$ 含量 $\geq 12\%$ ,山东科达化肥有限责任公司生产) $750 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。坐瓜后追施尿素 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、硫酸钾[K<sub>2</sub>O含量 $\geq 52\%$ ,甘肃刘化(集团)有限责任公

司]  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,在果实膨大期追施尿素  $75 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。果实膨大期用尼龙网垫垫瓜,其他田间管理按常规进行。

### 1.4 测定指标与方法

蔓长、茎粗测定:在甜瓜开花坐果期(7月3日)、果实膨大期(7月16日)、成熟期(8月8日),每个小区选长势一致的10株分别用钢卷尺、游标卡尺测定蔓长、茎粗。

比叶质量、叶面积测定:叶面积采用相关系数法测定,叶面积=长 $\times$ 宽 $\times 0.68$ <sup>[22]</sup>。在甜瓜开花坐果期、果实膨大期、成熟期,每个小区选取长势均匀的3株,测定每株叶片总数,并取1片功能叶片测定叶面积,将叶片于 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 下杀青0.5 h后,然后在 $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 下烘至恒质量,用于计算比叶质量。比叶质量/ $(\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}) = \text{叶干质量} / \text{叶面积}$ 。叶面积指数(LAI)=绿叶面积/土地面积。

生物产量:在甜瓜成熟时,每个小区选取5株,整株于 $105 \text{ }^\circ\text{C}$ 杀青30 min, $80 \text{ }^\circ\text{C}$ 烘干至恒质量,测定干物质量。

经济产量:在甜瓜成熟时,每个小区采收全部果实计产。

选取5个果实测定果实品质。采用WYT-A型手持糖度折光仪测定可溶性固形物含量;采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量<sup>[23]</sup>;采用2,6-二氯靛酚法测定维生素C含量<sup>[23]</sup>。采用GMK-855F型酸度计测定可滴定酸含量<sup>[23]</sup>。

甜瓜生育期总辐射用HOBO气象观测系统(H21型)自动获取。甜瓜生育期(5月2日至8月8日)总日射量累积为 $1.72 \times 10^{13} \text{ J} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。光能利用效率(PUE)/%=(H $\times$ M)/E $\times 100$ 。式中:H为单位干物质所放出热量,一般采用平均值 $1.779 \times 10^4 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ;M为单位面积上平均物质收获量( $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ );E为农作物生育期间的总日射量累计值( $\text{J} \cdot \text{hm}^{-2}$ )<sup>[24]</sup>。

### 1.5 数据处理

采用SPSS 19.0软件进行数据统计分析,基于试验设计,因地膜覆盖比增施生物有机肥对甜瓜生产和产量的影响显著,以地膜覆盖颜色进行主因素分析,采用新复极差法(Duncan)比较不同处理间的差异显著性,采用Excel 2007软件制图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同颜色地膜覆盖和生物有机肥施肥量对甜瓜植株生长的影响

2.1.1 蔓长 在甜瓜的果实膨大期和成熟期,与

CK 相比,有色地膜覆盖均能促进蔓的生长,随着生育期的推进,增长速率呈下降的趋势(表 2)。不同颜色地膜覆盖下,S 膜、W 膜平均蔓长较 CK 在甜瓜开花坐果期、果实膨大期、成熟期分别显著增长了 21.85%、18.31%、13.47% 和 10.47%、12.29%、8.59%。S 膜和 W 膜的平均蔓长在甜瓜开花坐果期和果实膨大期均显著高于 B 膜,处理效果为 S 膜>W 膜>B 膜。同一颜色地膜不同有机肥施肥量下,甜瓜各生育期的蔓长均无显著差异。

不同组合处理下,在甜瓜开花坐果期,各处理水平下 SH 处理的蔓长最大,为 79.67 cm,与 SM、SL 处理差异不显著,但显著高于其他处理,较 CK (60.56 cm)显著增长 31.56%;WH(68.13 cm)、WL (67.24 cm)的蔓长均显著高于 CK,CK 的蔓长高于 BH、BM、BL 处理,与 BH 处理差异显著,与 BM、BL 处理差异不显著。在甜瓜果实膨大期,各处理水平下 SH 的蔓长(96.87 cm)分别显著高于 BH、BM、BL、WM、WL 和 CK 18.50%、17.21%、15.01%、11.05%、10.66%和 23.53%,与其他处理差异不显著;WM(87.23 cm)、WL(87.54 cm)处理的蔓长显著高于 CK,与除 SH 外的其他处理差异不显著。在甜

瓜成熟期,各处理水平下 SM 的蔓长最大,为 93.67 cm,较 CK 显著增长 14.85%,与其他处理差异不显著,SH 的蔓长显著大于 CK,其他处理与 CK 差异不显著。以上结果表明,SH、SM、SL 较其他处理可以促进甜瓜开花坐果期、果实膨大期蔓的伸长生长,SH、SM 较其他处理可以促进甜瓜成熟期蔓的伸长生长。

2.1.2 茎粗 由表 3 可以看出,在甜瓜的各生育期,与 CK 相比,有色地膜覆盖均能促进茎的增粗,随着生育期的推进,增长速率呈下降的趋势。不同颜色地膜覆盖下,S 膜的平均茎粗在甜瓜开花坐果期、果实膨大期、成熟期分别显著高于 CK 18.99%、17.35%、13.46%,但与 B 膜、W 膜差异不显著。B 膜和 W 膜的平均茎粗在甜瓜开花坐果期与 CK 差异不显著,但在甜瓜成熟期均显著高于 CK。以上结果表明不同颜色地膜覆盖有利于甜瓜生育后期茎的加粗生长,处理效果为 S 膜>B 膜>W 膜,同一颜色地膜不同有机肥施肥量下,开花坐果期 SH、SL 处理茎粗显著高于 SM,果实膨大期 BH 茎粗显著高于 BL,成熟期 WH 处理茎粗显著高于 WM。

不同组合处理下,在甜瓜开花坐果期,各处理水平下 SH 的茎粗最大,为 0.98 cm,与 BL、SL 差异不显著,显著高于其他处理,较 CK(0.79 cm)显著增长 24.05%;BM、WH、WM 和 SM 处理分别显著高于 CK 10.13%、10.13%、8.86%和 12.66%,与 BH、BL、WL 处理差异不显著。在甜瓜果实膨大期,各处理水平下 BH 的茎粗(1.21 cm)显著高于 BL、WM、WL 和 CK,与其他处理差异不显著;BL 较 CK 显著增长 12.24%,除与 BH 和 CK 呈显著差异外,与其他处理差异不显著;WM、WL 和 CK 之间差异不显著。在甜瓜成熟期,各处理水平下 SH、BH、WH 和 SM 的茎粗均显著高于 WM、CK,与其他处理之间差异不显著,分别较 WM 显著增长 12.04%、9.26%、8.33%、9.26%,分别较 CK 显著增长 16.35%、13.46%、12.50%、13.46%;WM、CK 与 BM、BL、WL、SL 处理之间差异不显著。以上结果表明,SH、SL 较其他处理可以促进甜瓜开花坐果期茎的加粗生长,BH、SH、SM、WH 较其他处理可以有效促进甜瓜果实膨大期和成熟期茎的加粗生长。

2.1.3 比叶质量 由表 4 可以看出,在甜瓜的各生育期,与 CK 相比,有色地膜覆盖能有效提高叶片的比叶质量。不同颜色地膜覆盖下,S 膜甜瓜的平均比叶质量在开花坐果期、果实膨大期、成熟期均最

表 2 不同处理对甜瓜各生育期蔓长的影响

Table 2 Effects of different treatments on vine length in different growth period of melon cm

处理 Treatment	开花坐果期 Flowering and fruit setting stage	果实膨大期 Fruit expanding stage	成熟期 Maturity stage
BH	53.58±4.29 d	81.75±5.27 bc	88.34±6.21 ab
BM	58.13±4.90 cd	82.65±3.90 bc	85.72±7.75 ab
BL	59.68±6.33 cd	84.23±2.47 bc	87.27±4.89 ab
平均 Average	57.13±5.17 C	82.88±3.88 B	87.11±6.28 AB
WH	68.13±7.25 b	89.42±3.94 ab	86.40±3.16 ab
WM	65.33±8.21 bc	87.23±7.52 b	89.27±6.27 ab
WL	67.24±5.82 b	87.54±6.54 b	90.04±7.48 ab
平均 Average	66.90±7.09 B	88.06±6.00 A	88.57±5.64 A
SH	79.67±8.51 a	96.87±6.05 a	93.15±4.47 a
SM	70.67±7.16 ab	91.42±7.24 ab	93.67±5.88 a
SL	71.02±8.25 ab	90.04±9.13 ab	90.84±6.27 ab
平均 Average	73.79±7.97 A	92.78±7.47 A	92.55±5.54 A
CK	60.56±5.17 cC	78.42±5.43 cB	81.56±5.47 bB

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著( $p<0.05$ ),同列数据后不同大写字母表示不同颜色地膜覆盖与 CK 差异显著( $p<0.05$ )。下同。

Note: Different lowercase letters in same column mean significant difference at 0.05 level between treatments ( $p<0.05$ ). Different capital letters in the same column mean significant difference between different colors of mulch cover and CK ( $p<0.05$ ). The same below.

表3 不同处理对甜瓜各生育期茎粗的影响  
Table 3 Effects of different treatments on stem thickness in different growth period of melon cm

处理 Treatment	开花坐果期 Flowering and fruit setting stage	果实膨大期 Fruit expanding stage	成熟期 Maturity stage
BH	0.81±0.08 bc	1.21±0.05 a	1.18±0.07 a
BM	0.87±0.05 b	1.12±0.12 ab	1.13±0.08 ab
BL	0.92±0.04 ab	1.10±0.03 b	1.14±0.14 ab
平均 Average	0.87±0.06 AB	1.14±0.07 A	1.15±0.10 A
WH	0.87±0.09 b	1.14±0.05 ab	1.17±0.15 a
WM	0.86±0.07 b	1.03±0.04 bc	1.08±0.11 b
WL	0.83±0.12 bc	1.05±0.13 bc	1.12±0.04 ab
平均 Average	0.85±0.09 AB	1.07±0.07 AB	1.12±0.10 A
SH	0.98±0.14 a	1.17±0.08 ab	1.21±0.07 a
SM	0.89±0.04 b	1.12±0.07 ab	1.18±0.09 a
SL	0.96±0.08 a	1.15±0.06 ab	1.14±0.11 ab
平均 Average	0.94±0.09 A	1.15±0.07 A	1.18±0.09 A
CK	0.79±0.04 cB	0.98±0.02 cB	1.04±0.04 bB

高,较 CK 分别显著增长 20.78%、16.89%、18.61%。与 W 膜、B 膜相比,S 膜显著提高了甜瓜开花坐果期和成熟期叶片的平均比叶质量,果实膨大期显著高于 W 膜,但与 B 膜差异不显著。与 CK 相比,W 膜可以显著提高甜瓜开花坐果期的平均比叶质量,而 B 膜可以显著提高甜瓜果实膨大期和成熟期的平均比叶质量。同一颜色地膜在不同有机肥施肥量下,除甜瓜开花坐果期 BM 与 BL 处理呈显著差异外,其他各生育期的比叶质量均无显著差异。

不同组合处理下,在甜瓜开花坐果期,各处理

表4 不同处理对甜瓜各生育期比叶质量的影响  
Table 4 Effects of different treatments on SLW in different growth period of melon (mg·cm<sup>-2</sup>)

处理 Treatment	开花坐果期 Flowering and fruit setting stage	果实膨大期 Fruit expanding stage	成熟期 Maturity stage
BH	6.10±0.05 bc	7.37±0.44 b	8.05±0.49 b
BM	6.21±0.76 b	7.28±0.07 b	7.87±0.23 b
BL	5.69±0.27 c	7.21±0.21 bc	7.67±0.25 bc
平均 Average	6.00±0.36 BC	7.29±0.24 AB	7.86±0.32 B
WH	6.67±0.42 ab	7.37±1.04 b	7.92±1.25 b
WM	6.14±0.12 bc	7.15±0.65 bc	7.79±0.71 bc
WL	6.26±0.26 b	7.12±0.21 bc	7.56±1.26 bc
平均 Average	6.36±0.27 B	7.21±0.63 BC	7.76±1.07 BC
SH	7.16±0.35 a	7.84±0.17 ab	8.52±0.25 ab
SM	7.38±0.46 a	8.05±0.33 a	8.86±0.35 a
SL	6.91±0.54 a	7.79±0.53 ab	8.24±0.63 ab
平均 Average	7.15±0.45 A	7.89±0.34 A	8.54±0.41 A
CK	5.92±0.24 bcC	6.75±0.55 cC	7.20±0.87 cC

水平下 SH、SM、SL 的比叶质量除与 WH 差异不显著外,均显著高于其他处理,其中 SM 的比叶质量最大,为 7.38 mg·cm<sup>-2</sup>;BM、WL 显著高于 BL,与 B 膜、W 膜其他处理及 CK 差异不显著。在甜瓜果实膨大期,SM 的比叶质量(8.05 mg·cm<sup>-2</sup>)最高,与 SH、SL 差异不显著,但显著高于其他处理;BH、BM、WH 的比叶质量均显著高于 CK,与除 SM 处理外的其他处理差异不显著;CK 的比叶质量最小,为 6.75 mg·cm<sup>-2</sup>。在甜瓜成熟期,SM 的比叶质量最大,为 8.86 mg·cm<sup>-2</sup>,与 SH、SL 差异不显著,但显著高于其他处理;BH、BM、WH 的比叶质量均显著高于 CK,与除 SM 处理外的其他处理差异不显著。以上结果表明,SH、SM、SL 处理增加甜瓜各生育期比叶质量的效果优于其他处理。

2.1.4 叶面积指数 由表 5 可以看出,在甜瓜的各生育期,与 CK 相比,有色地膜覆盖能提高甜瓜的叶面积指数。不同颜色地膜覆盖下,S 膜甜瓜的平均叶面积指数在开花坐果期、果实膨大期、成熟期均最高,较 CK 分别显著增长 13.92%、16.47%、32.61%。与 W 膜相比,S 膜显著提高了甜瓜成熟期的叶面积指数;与 B 膜相比,S 膜显著提高了甜瓜开花坐果期和果实膨大期的叶面积指数。与 CK 相比,W 膜可以有效提高甜瓜开花坐果期和果实膨大期的叶面积指数,而 B 膜可以有效提高甜瓜成熟期的叶面积指数。同一颜色地膜在不同有机肥施肥量下,除甜瓜成熟期 SH 与 SL 处理呈显著差异外,其他各生育期的叶面积指数均无显著差异。

表5 不同处理对甜瓜各生育期叶面积指数的影响  
Table 5 Effects of different treatments on LAI in different growth period of melon

处理 Treatment	开花坐果期 Flowering and fruit setting stage	果实膨大期 Fruit expanding stage	成熟期 Maturity stage
BH	0.78±0.07 b	0.87±0.12 bc	1.15±0.11 b
BM	0.80±0.09 b	0.90±0.10 bc	1.17±0.17 b
BL	0.84±0.07 b	0.89±0.04 bc	1.15±0.15 b
平均 Average	0.81±0.08 BC	0.89±0.09 BC	1.16±0.14 A
WH	0.88±0.05 ab	0.94±0.07 ab	1.02±0.09 c
WM	0.87±0.04 ab	0.92±0.06 b	1.03±0.07 c
WL	0.82±0.06 b	0.87±0.13 bc	1.13±0.15 bc
平均 Average	0.86±0.05 AB	0.91±0.09 AB	1.06±0.10 B
SH	0.94±0.10 a	1.02±0.12 a	1.31±0.19 a
SM	0.87±0.09 ab	0.97±0.09 ab	1.19±0.13 ab
SL	0.90±0.06 a	0.97±0.07 ab	1.17±0.04 b
平均 Average	0.90±0.08 A	0.99±0.09 A	1.22±0.12 A
CK	0.79±0.02 bC	0.85±0.06 cC	0.92±0.07 dB

不同组合处理下,在甜瓜开花坐果期,各处理水平下 SH(0.94)、SL(0.90)甜瓜的叶面积指数分别显著高于 BH、BM、BL、WL、CK 20.51%、17.50%、11.90%、14.63%、18.99%和 15.38%、12.50%、7.14%、9.76%、13.92%,与其他处理差异不显著;CK 与除 SH、SL 处理外的其他处理差异不显著。在甜瓜果实膨大期,SH 甜瓜的叶面积指数最大,为 1.02,显著高于 BH、BM、BL、WM、WL 和 CK,与其他处理差异不显著;WH、WM、SH、SM 和 SL 甜瓜的叶面积指数分别显著高于 CK 10.59%、8.24%、20.00%、14.12%和 14.12%,CK 与 BH、BM、BL、WL 处理差异不显著。在甜瓜成熟期,SH 甜瓜的叶面积指数与 SM 处理差异不显著,显著高于其他处理;BH、BM、BL 和 SL 处理均显著高于 WH、WM 和 CK;CK 的叶面积指数(0.92)最低,显著低于其他处理。以上结果表明,SH、SM、SL 处理增加甜瓜各生育期叶面积指数的效果优于其他处理。

## 2.2 不同颜色地膜和生物有机肥施肥量对甜瓜产量和光能利用效率的影响

由表 6 可以看出,不同颜色地膜覆盖下,S 膜甜瓜的平均生物产量、经济产量分别显著高于 B 膜、W 膜和 CK 9.42%、13.92%、23.35%和 8.84%、13.01%、20.50%。B 膜、W 膜甜瓜的平均生物产量较 CK 分别显著提高了 12.73%、8.28%,B 膜甜瓜的平均经济产量较 CK 显著提高了 11.18%,而 W 膜与 CK 之间差异不显著。B 膜、W 膜甜瓜的平均生物产量和经济产量之间均无显著差异。不同组合处理下,SH、SM 和 SL 甜瓜的生物产量均显著高于 BM、BL、WH、WM、WL 和 CK,较 CK 分别显著提高了 24.95%、24.54%、20.56%,3 个处理之间差异不显著。除 WH 处理外,其他组合处理甜瓜的生物产量均显著高于 CK。SM、SH 组合处理甜瓜的经济产量显著高于 BM、BL、WH、WM、WL,较 CK 分别显著提高了 22.98%、21.74%。BM、BL、WL 甜瓜的经济产量显著高于 CK,但与 BH、WH、WM、SL 处理之间差异不显著。以上结果表明,3 种颜色地膜均可以显著提高甜瓜的生物产量,S 膜和 B 膜均可以显著提高甜瓜的经济产量,SM、SH 较其他组合处理提高甜瓜的生物产量和经济产量的效果更好。

不同颜色地膜覆盖下,S 膜、B 膜的平均 PUE 较 CK 分别显著提高了 23.61%、12.50%,W 膜与 CK 之间差异不显著(表 6)。S 膜较 B 膜、W 膜分别显著提高了 9.88%、14.10%。在不同有机肥施肥量下,3 种颜色地膜甜瓜的 PUE 无显著差异。不同

组合处理下,SH、SM 和 SL 甜瓜的 PUE 均显著高于 BM、BL、WH、WM、WL 和 CK,较 CK 分别显著提高了 25.00%、23.61%、20.83%,3 个处理之间差异不显著。除 WH 和 WM 外,其他组合处理甜瓜 PUE 均显著高于 CK。以上结果表明,S 膜、B 膜可以显著提高甜瓜的 PUE。SH、SM、SL 较其他组合处理(BH 除外)可以显著提高甜瓜的 PUE。

表 6 不同处理对甜瓜产量和 PUE 的影响

Table 6 Effects of different treatments on yield and PUE of melon

处理 Treatment	生物产量 Biological yield/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	经济产量 Economic yield/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	光能利用效率 PUE/%
BH	8 292.28±441.24 ab	40 040.00±841.24 ab	0.86±0.03 ab
BM	7 670.43±517.93 b	38 720.00±717.93 b	0.79±0.04 b
BL	7 647.60±307.45 b	39 380.00±907.45 b	0.79±0.04 b
平均 Average	7 870.10±422.21 B	39 380.00±822.21 B	0.81±0.04 B
WH	7 406.78±343.76 bc	36 960.00±943.76 bc	0.77±0.05 bc
WM	7 583.14±297.54 b	37 840.00±897.54 bc	0.78±0.03 bc
WL	7 688.45±486.26 b	38 500.00±986.26 b	0.80±0.04 b
平均 Average	7 559.46±375.85 B	37 767.00±942.52 BC	0.78±0.10 BC
SH	8 723.18±443.76 a	43 120.00±843.76 a	0.90±0.04 a
SM	8 694.58±376.22 a	43 560.00±776.22 a	0.89±0.02 a
SL	8 416.76±387.54 a	41 360.00±987.54 ab	0.87±0.03 a
平均 Average	8 611.50±402.51 A	42 680.00±869.17 A	0.89±0.03 A
CK	6 981.28±276.13 cdC	35 420.00±876.13 cC	0.72±0.04 cdC

## 2.3 不同颜色地膜和生物有机肥施肥量对甜瓜果实品质的影响

由表 7 可以看出,不同颜色地膜甜瓜果实可溶性固形物含量与 CK 无显著差异,但 S 膜、W 膜甜瓜果实可溶性固形物含量均显著高于 B 膜。在不同组合处理下,BL 甜瓜果实可溶性固形物含量显著低于其他组合处理和 CK。在可溶性糖含量方面,S 膜、W 膜均显著高于 B 膜和 CK,较 CK 分别显著提高了 13.52%、13.11%,B 膜和 CK 之间差异不显著。在不同组合处理下,BL 甜瓜果实可溶性糖含量最低,为 9.08%,CK 次之,为 9.69%,二者均显著低于其他处理。SH、SM 甜瓜果实可溶性糖含量均显著高于 BM、BL 和 CK,与其他组合处理差异不显著。不同颜色地膜甜瓜果实维生素 C 含量均显著高于 CK,其中 S 膜最高,为 11.04 mg·100 g<sup>-1</sup>,W 膜次之,B 膜为 9.88 mg·100 g<sup>-1</sup>,较 CK 分别显著提高 26.21%、23.45%、12.87%。在不同组合处理下,CK 甜瓜维生素 C 含量最低,除与 BH 差异不显著外,显著低于其他组合处理。甜瓜果实维生素

C 含量位居前三的组合处理表现为 SM>WH>SH, 均显著高于 BM、BH, 但与其他组合处理差异不显著, 较 CK 分别显著提高 30.47%、29.94% 和 28.91%。在可滴定酸含量方面, S 膜、B 膜均显著低于 W 膜和 CK, 较 CK 分别显著降低了 17.07%、10.98%, W 膜和 CK 之间差异不显著。在不同组合处理下, BM、SH、SM、SL 组合处理的可滴定酸含量显著低于 WH、WL 和 CK, 与其他组合处理差异不显著, CK 与 WH 和 WL 之间无显著差异。

以上结果表明, 与 CK 相比, S 膜、W 膜、B 膜可以显著提高甜瓜果实维生素 C 含量, S 膜、W 膜可以显著提高甜瓜果实可溶性糖含量, S 膜、B 膜可以显著降低甜瓜果实可滴定酸含量; BL 显著降低了甜瓜果实可溶性固形物含量; 除 BH 外, 其他组合处理均显著提高甜瓜果实维生素 C 含量, SM、WH 和 SH 较其他组合处理效果更优; BM、SH、SM、SL 可显著降低甜瓜果实的可滴定酸含量, 较其他组合处理效果更优。

表 7 不同处理对甜瓜果实品质的影响  
Table 7 Effects of different treatments on quality of melon

处理 Treatment	w(可溶性固形物) Soluble solid content/%	w(可溶性糖) Soluble sugar content/%	w(维生素 C) Vitamin C content/(mg·100 g <sup>-1</sup> )	w(可滴定酸) Titratable acid content/%
BH	14.52±1.12 a	10.92±0.51 ab	9.45±0.52 bc	0.77±0.04 ab
BM	14.17±0.89 a	10.41±0.61 b	9.89±0.71 b	0.69±0.03 b
BL	12.54±1.14 b	9.08±0.82 c	10.29±0.63 ab	0.74±0.04 ab
平均 Average	13.74±1.05 B	10.14±0.65 B	9.88±0.62 B	0.73±0.04 B
WH	15.35±1.17 a	11.12±0.54 ab	11.37±0.69 a	0.81±0.05 a
WM	14.72±0.94 a	10.65±0.79 ab	10.65±0.78 ab	0.75±0.07 ab
WL	15.17±0.91 a	11.12±0.64 ab	10.39±0.82 ab	0.81±0.04 a
平均 Average	15.08±1.01 A	10.96±0.66 A	10.80±0.76 A	0.79±0.05 A
SH	15.72±0.87 a	11.27±0.87 a	11.28±0.47 a	0.68±0.03 b
SM	15.57±0.94 a	11.25±0.64 a	11.42±0.69 a	0.64±0.05 b
SL	14.84±1.27 a	10.49±0.74 ab	10.44±0.57 ab	0.72±0.03 b
平均 Average	15.38±1.03 A	11.00±0.76 A	11.04±0.64 A	0.68±0.04 B
CK	14.76±1.03 aAB	9.69±0.72 cB	8.75±0.65 cC	0.82±0.05 aA

### 3 讨论与结论

良好的营养生长是作物实现高产的物质基础。多数研究表明, 有色地膜覆盖和增施有机肥均能促进作物株高、茎粗、叶面积等农艺性状指标增大<sup>[25-26]</sup>。本研究结果表明, 与 CK 相比, B 膜、W 膜、S 膜较透明地膜覆盖均能够增加甜瓜全生育期的茎粗、比叶质量、叶面积指数, 为甜瓜植株生长提供了良好的营养成分, 从而达到了增加产量的目的, 可能原因是 S 膜和 B 膜覆盖在甜瓜生育后期起到保温效果的同时也在高温条件下起到了降温的效果, 为甜瓜根系提供了适宜的水热环境, 促进了甜瓜根系对水分和营养物质的吸收与利用, 加之增施生物有机肥的缓释作用, 高施肥量和中施肥量处理在甜瓜生育后期缓释提供的养分水平高于低施肥量处理, 在一定程度上缓解了土壤脱肥、脱水和早衰现象<sup>[27]</sup>, 这与本研究中 B 膜、W 膜、S 膜覆盖和生物有机肥施肥量处理的甜瓜经济产量增产效果一致, 这可能与有色覆膜和增施生物有机肥从土壤水热综

合效应、土壤营养水平和微生物活力等方面影响甜瓜生长发育和产量形成有关, 还需对土壤湿度、土壤营养水平及微生物活力变化等方面进行研究。

可溶性固形物、可溶性糖和维生素 C 等是甜瓜果实重要的内含物, 其含量高低决定着甜瓜的营养价值和口味<sup>[28]</sup>。前人研究表明, 有色地膜和增施生物有机肥均能提高作物的品质<sup>[29-30]</sup>。本研究结果表明, 与 CK 相比, 有色地膜覆盖提高了甜瓜果实的可溶性固形物、可溶性糖和维生素 C 含量, 降低了可滴定酸含量, 这与前人的研究结果一致<sup>[14, 31]</sup>。其中 S 膜覆盖在提高甜瓜果实可溶性糖和维生素 C 含量及降低可滴定酸含量方面优于 W 膜和 B 膜, 这与张航等<sup>[7]</sup>的研究结果类似, 银灰膜在提高作物产量和提高品质方面的综合效果较其他有色膜效果更优。本研究发现, 生物有机肥高施肥量和中施肥量在提高品质方面优于低施肥量, 可能原因是高施肥量和中施肥量处理在甜瓜生育后期缓释提供的养分水平高于低施肥量处理, 进一步提高了甜瓜果实内含物含量, 改善了营养品质及果实风味。

经济产量是衡量农业生产活动的重要指标,也是农业技术和产品在生产实际中能否推广应用的决定因素之一<sup>[32]</sup>。前人研究表明,地膜覆盖和增施生物有机肥作为重要的栽培措施,均能显著提高作物的产量<sup>[6-7,17,30]</sup>。本研究表明,与CK相比,有色地膜覆盖均能显著提高甜瓜的生物产量,S膜和B膜在经济产量方面增产显著,与其他研究结果类似<sup>[13,33]</sup>。光能是农业生产系统初级生产的主要驱动力,目前大田作物全年实际光能利用率为0.1%~1.0%,远低于太阳辐射利用理论值5%~6%,表明限制作物在大田条件下产量提高的主要因素不是光能不足,而是光能利用率低,因此提高作物光能利用效率(光能截获率×光能转化效率)是增产的根本途径<sup>[34]</sup>。本研究结果表明,S膜、B膜的光能利用效率显著高于CK,而W膜与CK差异不显著,并且S膜光能利用效率显著高于B膜和W膜,这与本研究中甜瓜的生物产量和经济产量均呈正相关,与李子梅等<sup>[35]</sup>的研究结果一致。而同一颜色地膜覆盖时,生物有机肥施肥量对产量影响差异不显著,说明了甜瓜产量的增加主要原因为覆膜,可能是有色地膜对不同波长的太阳光谱具有不同的透射、反射与吸收作用,因而改变了地表土壤的光辐射水平,进一步改变了土壤水热状况的时空分布,从而调节甜瓜植株生长发育和产量形成。

综上所述,与CK相比,有色地膜覆盖均能够增加甜瓜全生育期的茎粗、比叶质量、叶面积指数,提高甜瓜果实的可溶性糖含量和维生素C含量,降低可滴定酸含量,提高甜瓜的产量和光能利用效率。在不同组合处理下,SM、SH较其他组合处理增加了甜瓜全生育期的蔓长和比叶质量、果实膨大期和成熟期的叶面积指数及成熟期的茎粗,提高了甜瓜果实可溶性糖和维生素C含量与产量及光能利用效率,降低了可滴定酸含量。建议河西走廊沙漠绿洲灌区甜瓜种植地膜颜色为上银下黑双色膜,增施生物有机肥用量为1200 kg·hm<sup>-2</sup>。

### 参考文献

- [1] 姚吕富,李明威,史伟杰,等.半干旱区春玉米高产高效全膜覆栽培技术[J].黑龙江粮食,2023(7):70-72.
- [2] 陈玉章.覆盖模式对旱地马铃薯田水热环境及产量形成的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2019.
- [3] 温蕊,陈茜午,赵雅杰,等.西北黄土高原旱作区不同地膜覆盖种植模式谷田水温效应及水分利用效率研究[J].作物杂志,2022(6):111-117.
- [4] WANG J, GHIMIRE R, FU X, et al. Straw mulching increases precipitation storage rather than water use efficiency and dry-
- land winter wheat yield[J]. *Agricultural Water Management*, 2018,206:95-101.
- [5] RAHMA A E, WANG W, TANG Z J, et al. Straw mulch can induce greater soil losses from loess slopes than no mulch under extreme rainfall conditions[J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2017,232:141-151.
- [6] 魏邦权,单志华.地膜的种类与研究进展[J].西部皮革,2019,41(17):53-55.
- [7] 张航,李超,黄俊雄,等.有色地膜覆盖对土壤水热环境及作物生长影响的研究[C]//北京水问题研究与实践(2018年),北京:中国水利水电出版社,2019:12-18.
- [8] 钟霖霖,杨仕品,乔荣,等.彩色地膜在草莓大棚生产上的应用研究[J].贵州农业科学,2012,40(6):77-80.
- [9] 岳德成,史广亮,韩菊红,等.玉米田覆盖化学除草地膜对后茬冬小麦生长发育的影响[J].土壤与作物,2018,7(1):47-54.
- [10] 俞文灿.可降解塑料的应用、研究现状及其发展方向[J].中山大学研究生学刊(自然科学、医学版),2007(1):22-32.
- [11] 刘斌,寇燕燕,陈亮,等.有色地膜覆盖对土壤水热环境及作物生长影响探究[J].农业与技术,2023,43(16):31-33.
- [12] 李巨.同质异色地膜对太阳连续光谱的透射反射与吸收性能[J].信阳农业高等专科学校学报,2001(1):6-8.
- [13] 吕桂菊,刘伟.有色地膜对青椒生育产量及土壤状况影响研究[J].北方园艺,2001(4):9-10.
- [14] 王玉光.有色地膜覆盖对洋葱生长发育及根际土壤环境的影响[D].山东泰安:山东农业大学,2009.
- [15] 牛新胜,巨晓棠.我国有机肥料资源及利用[J].植物营养与肥料学报,2017,23(6):1462-1479.
- [16] 周莉华,李维炯,倪永珍.长期施用EM生物有机肥对冬小麦生产的影响[J].农业工程学报,2005,21(增刊):221-224.
- [17] 王玉红,梁晓辉,王长松,等.生物有机肥对黄瓜植株性状、产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2016,44(25):31-32.
- [18] 张昆,孙永明,万雅静,等.江西茶园有机肥化肥肥施对茶叶产量品质和土壤肥力的影响[J].江西农业学报,2017,29(5):57-61.
- [19] 寇燕燕,史中兴,刘斌.盐碱地原位工程化根治技术对土壤养分及甜瓜生长和产量的影响[J].中国瓜菜,2022,35(5):57-61.
- [20] 刘斌,谢飞,凌一波,等.不同间作播期和密度对甜瓜/向日葵间作系统氮素利用效率的影响[J].中国生态农业学报,2016,24(1):36-46.
- [21] 杨志.薄皮甜瓜水肥调控决策研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2022.
- [22] 张鲁鲁.温室膜下滴灌甜瓜高效用水机理及灌溉制度的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2010.
- [23] 谢飞,魏慧,张凯,等.间作时期和种植密度对甜瓜/向日葵间作系统光能利用效率的影响[J].中国沙漠,2015,35(3):652-657.
- [24] 朱琪,史中兴,寇燕燕,等.原位工程化根治技术和增施生物有机肥对盐碱地土壤酶活性及甜瓜产量、品质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(3):77-84.
- [25] 张国平,程万莉,吕军峰,等.不同膜色对旱地土壤水热效应及马铃薯产量的影响[J].灌溉排水学报,2016,35(7):66-71.
- [26] 张迎春.生物有机肥部分替代化肥对莴笋生长生理、养分利用



- 及土壤肥力的影响[D].兰州:甘肃农业大学,2019.
- [27] 刘斌,寇燕燕,陈亮,等.不同颜色地膜和增施生物有机肥对地温、杂草生长和甜瓜产量的影响[J].中国瓜菜,2024,37(3):94-102.
- [28] 阎世江,张继宁,刘洁.不同覆盖方式对黄瓜生长发育及品质的影响[J].中国瓜菜,2021,34(11):74-79.
- [29] ZHANG Y L, WANG F X, SHOCK C C, et al. Effects of plastic mulch on the radiative and thermal conditions and potato growth under drip irrigation in arid Northwest China[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 172: 1-11.
- [30] 李先,刘强,荣湘民,等.有机肥对水稻产量和品质及氮肥利用率的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(3):258-262.
- [31] FILIPOVIC V, ROMIC D, ROMIC M, et al. Plastic mulch and nitrogen fertigation in growing vegetables modify soil temperature, water and nitrate dynamics: Experimental results and a modeling study[J]. Agricultural Water Management, 2016, 176: 100-110.
- [32] 高旭,孔祥俊,郭雨浓,等.沼液替代化肥对甜瓜产量品质及养分吸收的影响[J].北方园艺,2019(14):25-31.
- [33] 李日旺,黄国弟,周俊岸,等.不同颜色地膜覆盖对桂热芒71号产量和品质的影响初报[J].农业研究与应用,2013(3):5-7.
- [34] 陈亮,魏慧,谢飞,等.灌溉制度对甜瓜/向日葵套作系统光能利用效率和繁殖分配的影响[J].河南农业科学,2016,45(4):107-112.
- [35] 李子梅,魏延宏.覆膜类型对不同品种玉米资源利用率和经济效益的影响[J].青海农林科技,2020(2):12-15.