

## 防雹网对东红猕猴桃生育期生长指标和叶片病害的影响

汪志威<sup>1</sup>, 宋福兵<sup>1</sup>, 周玉萍<sup>1</sup>, 李秀亚<sup>1</sup>, 胡秋龄<sup>1\*</sup>, 钟彩虹<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>六盘水市农业科学研究院, 贵州六盘水 553000; <sup>2</sup>中国科学院武汉植物园, 武汉 430074)

**摘要:**【目的】冰雹灾害频发, 严重威胁猕猴桃安全生产, 建设防雹网成为生产上防灾减灾的有效手段之一, 探究防雹网对“东红”猕猴桃生育期特点及叶片病害的影响, 为防雹网建设及推广提供理论参考。【方法】以贵州省六盘水市水城区蟠龙镇沙坡村 6 年生的“东红”猕猴桃园为供试果园, 在同一地块, 以覆盖白色防雹网为实验处理, 以露天栽培为对照, 2020—2021 年连续 2 年测定防雹网对猕猴桃果园温度、光照度、物候期、芽间距、萌芽率、主花数、单花率、产量及叶片病害发生率的影响。【结果】与对照相比, 防雹网内猕猴桃果园温度在 2—4 月一直高于对照, 最高可达 0.8 °C, 6—9 月一直低于对照, 最低可达 2.1 °C。生育期较对照均推迟, 其中萌芽期较对照推迟 3~5 d, 开花期推迟 4~5 d, 成熟期推迟 7-8d, 落叶期推迟 18~23 d。2020 年, 不同长度结果母枝上结果枝主花数显著或极显著降低 23.96%、26.98%、31.24%, 结果枝上单花率显著提高 95.39%、103.31%、105.76%; 2021 年, 不同长度结果母枝上结果枝主花数显著降低 24.52%、22.43%、28.37%, 结果枝上单花率显著提高 99.49%、92.64%、95.16%。叶片褐斑病病株率、病叶率、病情指数连续两年均分别比对照低 17.55%、21.95%、4.13%和 17.33%、21.15%、7.04%; 灰斑病的病株率、病叶率、病情指数两年均分别比对照低 6.73%、20.73%、6.02%和 9.04%、25.66%、8.63%; 黑斑病的病株率、病叶率、病情指数两年均分别比对照低 6.11%、7.96%、2.24%。芽间距、萌芽率及产量没有显著影响。【结论】防雹网影响猕猴桃花芽分化, 能促进花朵集中开放及提高单花率, 降低猕猴桃叶片病害发病率, 但不影响猕猴桃整体产量和品质, 对猕猴桃生产具有促进作用。

**关键词:** 猕猴桃; 防雹网; 生长指标; 单花率; 叶片病害

中图分类号: S663.4 文献标志码: A 文章编号: 1009-9980(2024)11-0001-08

## Effect of anti-hail nets on the Growth indexes and leaf diseases of Donghong Kiwifruit During Growth Period

WANG Zhiwei<sup>1</sup>, SONG Fubing<sup>1</sup>, ZHOU Yuping<sup>1</sup>, LI Xiuya<sup>1</sup>, HU Qiuling<sup>1\*</sup>, ZHONG Caihong<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup>Liupanshui Academy of Agricultural Sciences, Liupanshui 553000, Guizhou, China; <sup>2</sup>Wuhan Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

**Abstract:** 【Objective】China is the largest planting area and output in the world for kiwifruit which is vulnerable to extreme climate. It is considered one of the most serious natural disasters,

收稿日期: 2024-09-24 接受日期: 2024-11-12

基金项目: 六盘水市猕猴桃生产技术标准体系修订与建设; 提高猕猴桃自然授粉坐果率集成技术研究。

作者简介: 汪志威, 男, 在读硕士研究生, 研究方向为猕猴桃栽培及育种。E-mail: 594344234@qq.com

\*通信作者 Author for correspondence. E-mail: huqiuling@126.com; 634254060@qq.com

which is characterized by the rapidly and suddenly onset, strong unpredictability, and significantly destructive power of hail. In recent years, frequently hail disasters have seriously threatened the safe production of kiwifruit. Anti-hail nets have become one of the effective measures for disaster prevention and reduction in production. Therefore, analyzing the effect of anti-hail nets in kiwifruit orchard is of great significance to prevent hail disasters, develop new materials and optimize structural design, guide the fine management and elevate the quality and efficiency of kiwifruit industry. **【Methods】** 6-year-old Donghong kiwifruit trees were used as test materials at Shapo Village, Panlong Town, Shuicheng District, Liupanshui City in 2020 to 2021. On the same plot, white anti-hail nets were covered and open-air culture was used as the control. GSP-6 automatic temperature recorder was used to measure the orchard temperature, and so as AS823 illuminance meter to determine the orchard light intensity. The bud burst period, flowering period, maturity period, and leaf fall period of kiwifruit were analysed. Additionally, the bud spacing, bud germination rate on mother branches and the main flower number, single flower rate, orchard yield, fruit quality and leaf disease on bearing branches were measured on different length of bearing branches for 40-80cm, 80-120cm and above 120cm. The temperature, bud burst period, flowering period, maturity period, leaf fall period, bud spacing, bud germination rate, main flower number, single flower rate and leaf disease were compared inside and outside of anti-hail nets.

**【Results】** Compared with the control, the temperature of kiwifruit orchard in the anti-hail nets was always higher than the control from February to April, up to 0.8 °C, and was lower than the control from June to September, up to 2.1 °C. The germination stage was delayed 3-5 days, the flowering stage was delayed 4-5 days, the maturity stage was delayed 7-8 days, and the defoliation stage was delayed 18-23 days. In 2020, the number of main flowers on bearing branches significantly decreased by 23.96%, 26.98% and 31.24%, and the single flower rate on bearing branches significantly increased by 95.39%, 103.31% and 105.76%. In 2021, the number of main flowers on bearing branches on different length of bearing branches significantly decreased by 24.52%, 22.43% and 28.37%, and the single flower rate on bearing branches significantly increased by 99.49%, 92.64% and 95.16%. Brown leaf spot disease rate, diseased leaf rate and disease index were 17.55%, 21.95%, 4.13% and 17.33%, 21.15%, 7.04% respectively lower than control for two years. The rate diseased plant, diseased leaf rate and disease index of gray spot were 6.73%, 20.73%, 6.02% and 9.04%, 25.66%, 8.63% respectively lower than the control. The rate of diseased plant, diseased leaf and disease index of black spot were 6.11%, 7.96% and 2.24% respectively lower than that of control. There were no significant effects on bud spacing and germination rate. **【Conclusion】** Anti-hail nets can reduce the number of main flowers, promote the centralized opening of flowers and improve the single flower rate, reduce the incidence of leaf disease, but not affect the yield and quality of kiwifruit, and has a promoting effect on kiwifruit production. Anti-Hail nets is one of the effective measures to solve the contradiction between hailstorm disaster and airspace control, and it is expected to be popularized and applied in the production of high efficiency cash crops such as high-quality fruits and vegetables.

**Key words:** kiwifruit; anti-hail nets; growth index; single flower rate; leaf disease

猕猴桃是多年生的藤本植物，是 20 世纪野生果树人工驯化栽培最有成就的四大果树之一<sup>[1]</sup>，具有很高的营养价值，对保持人体健康具有重要作用<sup>[2]</sup>。中国是猕猴桃属植物的原产地，面积和产量均已位居世界第一<sup>[3]</sup>，在全球猕猴桃产业中占据不容忽视的地位，并且对未

来产业发展、国际贸易、科学研究等方面发挥重要作用<sup>[1]</sup>。贵州省猕猴桃种植面积已高达 4.5 万 hm<sup>2</sup>，全国排名第三<sup>[4]</sup>，其中六盘水红心猕猴桃种植面积达 1.3 万余 hm<sup>2</sup>，生产出的红心猕猴桃产品对稳定全国市场供应中起到了不可替代的作用。

冰雹是农业生产上的一种破坏性极大的气象灾害，能在极短的时间里给农业生产造成不可逆伤害<sup>[5-7]</sup>，是最严重的自然灾害之一<sup>[8-9]</sup>，我国每年遭受冰雹灾害面积达 243 万 hm<sup>2</sup>，造成的直接经济损失达 300 多亿元<sup>[10]</sup>。六盘水地理环境独特，立体气候明显，每年 3—6 月是猕猴桃的开花坐果期，也是冰雹频发的季节。2019—2024 年，六盘水遭遇 18 次冰雹灾害，累计造成 0.2 万余 hm<sup>2</sup> 猕猴桃果园受灾，解决冰雹灾害已成为猕猴桃生产上的一项重要研究课题。防雹网作为一种有效的防雹设施，在持续稳定防雹的同时，还会对作物生长的小气候、植株生长发育及病虫害等方面产生一定的影响<sup>[4]</sup>，已经在苹果<sup>[11-13]</sup>、烟草<sup>[14]</sup>、番茄<sup>[15]</sup>、梨<sup>[16]</sup>等作物上得到广泛应用，并且取得了不少成绩。Bosco 等<sup>[12-13]</sup>研究防雹网对苹果的影响时发现：防雹网能降低太阳辐射，有效地调节紫外光、近红外光和光照辐射，根据防雹网材质的不同，果园漫辐射能够增加 17%~170%，防雹网还能够避免苹果果面灼伤，从而提高果实品质<sup>[17-18]</sup>；袁莲莲等<sup>[14]</sup>研究表明：防雹网对烟蚜防效明显，可有效减轻烟蚜传播病毒病的发生；苏秀敏等<sup>[15]</sup>认为防雹网可以影响防雹网内的微环境，使番茄植株更加粗壮，番茄的产量、品质提高；徐福利等<sup>[16]</sup>发现：防雹网可以改善梨园小气候，缓解土壤温度的变化幅度。防雹网对猕猴桃生长发育的影响也有研究，但主要集中在海沃德等国外主栽品种上，Basile 等<sup>[19-20]</sup>研究表明：白色防雹网对猕猴桃营养生长影响不大，但能促进猕猴桃干物质的积累，提高可溶性固形物含量；覆盖珍珠色、黄色和灰色防雹网大幅降低单株产量，溃疡病发生率略微减轻，但并不影响猕猴桃果实品质<sup>[21]</sup>。然而，我国在防雹网对猕猴桃生长的影响方面研究起步较晚，尤其是防雹网对我国自主产权主栽的猕猴桃品种的研究较少，虽然已经有人开展不同颜色防雹网对猕猴桃生长发育及果实产量、品质的影响研究，但目前白色防雹网依然是我国用于作物防雹的首选。

本试验以 6 年生东红猕猴桃果园为试验对象，以覆盖白色防雹网为实验处理，以露天栽培为对照，连续 2 年研究其对猕猴桃物候期、萌芽率、结果枝平均主花数、单花率及病害发生率的影响，旨在探明防雹网对东红猕猴桃生长的影响，以期为猕猴桃防雹网的应用与推广提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地点及供试品种

2020—2021年，连续2年在贵州六盘水市水城区蟠龙镇沙坡村晏廷银家庭农场猕猴桃基地进行田间试验。供试果园海拔为1218 m，土壤类型为黄棕壤，土壤pH 5.5，全氮含量 $1470\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有机质含量 $2954\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，碱解氮含量 $1012\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有效磷含量 $4.79\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，有效钾含量 $3.64\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。砧木为2年生美味猕猴桃实生苗，嫁接猕猴桃品种为东红，树龄为6 a（年），种植密度均为 $2\text{ m}\times 3\text{ m}$ ，树势较为整齐一致。

## 1.2 防雷网处理

以2018年搭建防雷网的猕猴桃基地为实验处理，以同一果园未搭建防雷网的基地为对照。支撑立柱为镀锌钢管，主管高6 m（地下0.7 m，地上5.3 m），管径75 cm；分管高5 m（地下0.7 m，地上4.3 m）管径60 cm，以钢丝网拉成架面后，以尼龙网覆盖，网孔密度为： $0.8\text{ cm}\times 0.8\text{ cm}$ ，颜色为白色。

## 1.3 测定项目

1.3.1 防雷网内外温度及光照度测定 连续2年2—9月，在处理和对照猕猴桃架面上0.5 m处用gsp-6（徐州数智电子科技有限公司生产）自动温度记录仪测定果园温度，每30 min自动记录1次，处理和对照各3次重复，以当月日平均温度的平均值作为当月果园温度（Mean monthly temperature）；并分别在每年2—9月上、中、下旬各选择1个晴天，并于当天14:00选择用采用希玛AS823照度计在处理和对照猕猴桃架面上方0.5 m处测定果园光照度，处理和对照各5次重复，然后以每月测定的15次数据的平均值作为当月的光照度（Mean monthly light intensity）。

1.3.2 物候期 萌芽期：整株植株有5%的芽鳞片裂开的时间，即为萌芽期（Bud Burst Stage）；始花期：有5%的顶端主花开放为始花期（Early Flowering Stage）盛花期：有50%的主花开放为盛花期（Full Blossom Stage）；尾花期：85%的主花已全部开放为尾花期（Tail Flower Stage）；成熟期：果实干物质含量 $\geq 17.5\%$ 、可溶性固形物 $\geq 7$ 为成熟期（Maturity stage）；落叶期：每个枝条上有50%的叶片脱落为落叶期（Abscission Stage）。

1.3.3 芽间距、萌芽率、主花数、单花率 在处理和对照的猕猴桃萌芽后，各选取9株长势基本一致的猕猴桃树，不进行抹芽、打顶等处理，并将其进行编号挂牌，每3株为1个重复，共3个重复。待猕猴桃落叶后，用游标卡尺找到各枝条顶端5 mm处，并在此处进行修剪，用皮尺测量各枝条基部至顶端5 mm处的长度，并将枝条按照长度进行分为3类（40~80 cm、80~120 cm、 $> 120\text{ cm}$ ）。在萌芽前，每个重复每株按照枝条类型选择3个枝条，统计各个枝条上的芽数；在萌芽期，统计每个枝条的萌芽数；在开花期，统计每个枝条结果枝平

均主花（顶端花）蕾数（以下简称：主花数）和单花蕾数（只有主花没有侧花，以下简称：单花数）。

$$\text{芽间距/cm} = \sum [\text{枝条总长度} / (\text{枝条总芽数} - 1)] / \text{枝条总数},$$

$$\text{萌芽率/\%} = \sum (\text{枝条萌芽数} / \text{枝条总芽数}) / \text{枝条总数} \times 100,$$

$$\text{主花数} = \sum (\text{结果母枝总主花数} / \text{结果枝数}) / \text{结果母枝总数},$$

$$\text{单花数} = \sum (\text{结果母枝总单花数} / \text{结果枝数}) / \text{结果母枝总数},$$

$$\text{单花率/\%} = \text{单花数} / \text{主花数} \times 100.$$

1.3.4 褐斑病、灰斑病及黑斑病病害发生率 观察统计防雹网内外猕猴桃叶片上褐斑病（Brown spot disease）、灰斑病（Gray spot disease）及黑斑病（Black spot disease）发病率。处理和对照每株选择5个枝条，每个枝条选10张叶片，每3株为1次重复，共3次重复。参照《农药田间药效试验准则（二）》分级标准，将猕猴桃褐斑病、灰斑病及黑斑病病害程度分为0~5级。

表1 猕猴桃叶片病害分级标准

Table 1 Standard for classification of kiwifruit leaf disease

病害等级 Disease grade	代表值 Representative value	病斑面积占比 The proportion of diseased spots
0	0	无病斑 No diseased spots
1	1	病斑占叶面积比例为1%~5% The proportion of diseased spots to leaf area is 1%-5%
2	3	病斑占叶面积比例为6%~25% The proportion of diseased spots to leaf area is 6%-25%
3	5	病斑占叶面积比例为26%~50% The proportion of diseased spots to leaf area is 26%-50%
4	7	病斑占叶面积比例为51%~75% The proportion of diseased spots to leaf area is 51%-75%
5	9	病斑占叶面积比例大于75% The proportion of diseased spots to leaf area is 75%

$$\text{病株率/\%} = \text{病株数} / \text{调查总株数} \times 100,$$

$$\text{病叶率/\%} = \text{病叶数} / \text{调查总叶数} \times 100,$$

$$\text{病情指数 Disease index/\%} = \sum (\text{各级病叶数} \times \text{各级代表值}) / (\text{调查总叶数} \times \text{最高级代表值}) \times 100.$$

1.3.5 猕猴桃果实产量测定 随机选取 30 筐未取果袋的猕猴桃,按照六盘水凉都猕猴桃产业股份有限公司企业标准《凉都弥你红猕猴桃果品分级规范》,商品果(≥70 g)、特级果(110~150 g)、一级果(90~109 g)、二级果(70~89 g)比例,每个处理 10 筐,3 次重复。

## 1.4 数据处理与分析

利用 Excel 2003 进行数据处理和制作图表,使用 SPSS17.0 软件对数据进行差异显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 防雹网对猕猴桃果园架面上层温度及光照度的影响

表 2 显示,在防雹网覆盖下猕猴桃果园网内外温差呈现“降-升-降”的趋势,并且环境温度越低或越高,网内外温差越大。当环境温度较低时,防雹网内温度较网外可提高 0.1~0.8 °C,当环境温度较高时,防雹网内温度较网外低 0.8~2.1 °C。两年间,猕猴桃果园温度最高均为 8 月,并且网内外温差达到显著水平(2020 年达 2.1 °C,2021 年达 1.9 °C),防雹网降低了猕猴桃果园温度,有效减少了猕猴桃在高温下的日灼,对于提高猕猴桃的品质有很大帮助。在防雹网的影响下,两年间,从 2 月份到 9 月份,网内光照度一直低于网外,但是差异不显著,防雹网内外光照度差呈现先升高再降低的趋势。

表 2 防雹网对猕猴桃果园架面上层温度及光照度的影响

**Table 2 Effect of Hail net on the upper layer temperature and light intensity of kiwifruit orchard**

年份 Year	月份 Month	月平均温度 Mean monthly temperature/°C			月平均光照度 Mean monthly light intensity/lx		
		处理 TR	对照 Control	温差 Temperature Difference	处理 TR	对照 Control	光照差 Light intensity Difference
2020	2	11.4±0.11	10.6±0.08	0.8	61200±116	63000±121	-1800
	3	12.6±0.13	12.1±0.11	0.5	67600±121	69500±128	-1900
	4	18.7±0.18	18.4±0.13	0.3	70100±135	72000±137	-1900
	5	21.3±0.22	21.1±0.19	0.2	74000±142	76500±155	-2500
	6	23.9±0.28	25.3±0.33	-1.4	74600±144	77500±168	-2900
	7	24.8±0.31	26.3±0.39	-1.5	76400±152	79500±173	-3100
	8	25.1±0.35	27.2±0.41*	-2.1	75700±149	78100±166	-2400
	9	23.8±0.29	24.7±0.31	-1.2	74200±143	76200±149	-2000
	2021	2	15.2±0.18	14.6±0.15	0.6	64200±119	65700±121
3		18.3±0.21	17.9±0.18	0.4	68500±123	70200±127	-1700
4		19.3±0.22	19.2±0.19	0.1	71300±139	73300±143	-2000
5		21.6±0.25	22.4±0.27	-0.8	76400±151	78600±169	-2200
6		23.2±0.27	24.6±0.30	-1.4	76900±164	79700±176	-2800

7	24.5±0.32	26.4±0.38*	-1.9	78800±172	81500±181	-2700
8	24.7±0.35	26.3±0.37	-1.6	77800±168	80100±179	-2300
9	22.1±0.28	23.8±0.31	-1.7	76800±163	78500±167	-1700

注：TR 表示处理；CK 表示对照；“\*”表示差异显著 ( $p < 0.05$ )，“\*\*”表示差异极显著 ( $p < 0.01$ )。下同。

Note: TR means treatment; CK means control; “\*” means significant difference ( $p < 0.05$ ), “\*\*” means extremely significant difference ( $p < 0.01$ ). The same below.

## 2.2 防雹网对猕猴桃生育期的影响

表 3 显示，防雹网内外猕猴桃的生育期相对稳定，萌芽期在 3 月上旬，开花期在 3 月下旬至 4 月上旬，成熟期在 8 月中下旬，网内猕猴桃落叶期在 11 月下旬至 12 月上旬，网外的在 11 月上旬。网内猕猴桃的萌芽期、始花期、成熟期及落叶期较对照（防雹网外）的均推迟，花期相对集中。不同年份间，网内猕猴桃萌芽期较对照晚 3~5 d；花期缩短 5~8 d；成熟期晚 7~8 d；落叶期晚 18~23 d。表明防雹网可推迟猕猴桃的生育期，缩短花期时间，促进花朵集中开放。

表 3 防雹网对猕猴桃生育期的影响

**Table 3 Effect of Hail net on growth stage of kiwifruit**

年份	处理	萌芽期	开花期 Flowering Stage			成熟期	落叶期
			始花期	盛花期	尾花期		
Year	Treatment	Bud Burst Stage	Early Flowering Stage	Full Blossom Stage	Tail Flower Stage	Maturity stage	Abscission Stage
2020	TR	3 月 8 日 Mar. 8	3 月 22 日 Mar. 22	3 月 25 日 Mar. 25	3 月 29 日 Mar. 29	8 月 23 日 Aug. 23	11 月 28 日 Nov. 28
	CK	3 月 5 日 Mar. 5	3 月 17 日 Mar. 17	3 月 25 日 Mar. 25	4 月 2 日 Apr. 2	8 月 15 日 Aug. 15	11 月 5 日 Nov. 5
2021	TR	3 月 7 日 Mar. 7	3 月 25 日 Mar. 25	3 月 28 日 Mar. 28	3 月 30 日 Mar. 30	8 月 21 日 Aug. 21	12 月 5 日 Dec. 5
	CK	3 月 3 日 Mar. 3	3 月 21 日 Mar. 21	3 月 29 日 Mar. 29	4 月 1 日 Apr. 1	8 月 13 日 Aug. 13	11 月 17 日 Nov. 17

## 2.3 防雹网对猕猴桃芽间距、萌芽率、结果枝平均主花数及单花率的影响

由表 4 可知，防雹网内猕猴桃的芽间距、萌芽率略高于对照（防雹网外），但未达到显著水平；结果枝上的主花数极显著低于对照，单花率极显著高于对照。枝条上的芽间距和萌芽率与枝条长度成正比，相同处理下枝条长度对结果枝上的主花数和单花率没有显著影响。从主花数量来看：2020 年，防雹网内猕猴桃 40~80 cm、>80~120 cm、120 cm 以上的结果枝上的平均主花数分别为 5.87 枚、5.52 枚、5.15 枚，较对照 7.72 枚、7.56 枚、7.49 枚分别显著（极显著）降低 23.96%、26.98%、31.24%；2021 年防雹网内猕猴桃 40~80 cm、>80~120

cm、120 cm 以上的结果枝上的平均主花数分别为 5.91 枚、5.95 枚、5.53 枚，较对照 7.83 枚、7.67 枚、7.72 枚分别显著降低 24.52%、22.43%、28.37%。从单花率来看：防雹网内猕猴桃 40~80 cm、>80~120 cm、120 cm 以上的结果枝上的平均单花率分别为 73.35%、74.27%、74.34%，较对照 37.54%、36.53%、36.13%分别极显著升高 95.39%、103.31%、105.76%；2021 年防雹网内猕猴桃 40~80 cm、>80~120 cm、120 cm 以上的结果枝上的平均单花率分别为 74.15%、75.38%、75.04%，较对照 37.17%、39.13%、38.45%分别极显著升高 99.49%、92.64%、95.16%。表明防雹网可极显著降低结果枝的主花数，极显著提高结果枝单花率。

表 4 防雹网对猕猴桃芽间距、萌芽率、结果枝平均主花数及单花率的影响

Table 4 Effects of Hail on bud spacing, germination rate, average main flower number and single flower rate of kiwifruit

年份 Year	测定项目 Determination indicators	处理 Treatment	枝条长度 Branch length/cm		
			40~80	>80~120	>120
2020	芽间距 Bud spacing/cm	TR	8.38±0.042	11.28±0.19	11.31±0.55
		对照 Control	8.13±0.27	10.27±0.24	10.31±0.28
	萌芽率 Germination rate/%	TR	85.13±4.35	87.21±4.21	89.21±7.77
		对照 Control	84.97±3.24	87.53±6.11	88.78±5.58
	主花数 Main flowers number	TR	5.87±0.32	5.52±0.78	5.15±0.41
		对照 Control	7.72±0.67*	7.56±0.59*	7.49±0.68**
	单花率 Single flower rate/%	TR	73.35±1.78	74.27±2.16	74.34±2.07
	对照 Control	37.54±2.45**	36.53±1.58**	36.13±1.67**	
2021	芽间距 Bud spacing/cm	TR	8.23±0.11	13.12±0.23	13.34±0.47
		对照 Control	7.83±0.16	12.07±0.42	12.19±0.11
	萌芽率 Germination rate/%	TR	86.36±4.47	88.13±2.42	88.91±1.98
		对照 Control	86.31±3.05	87.57±3.33	88.39±2.19
	主花数 Main flowers number	TR	5.91±0.05	5.95±0.23	5.53±0.11
		对照 Control	7.83±0.161*	7.67±0.18*	7.72±0.24*
	单花率 Single flower rate/%	TR	74.15±3.45	75.38±2.32	75.04±2.26
	对照 Control	37.17±2.52**	39.13±2.05**	38.45±1.59**	

#### 2.4 防雹网对猕猴桃产量及果品分级的影响

由表 5 可知，两年间，防雹网内猕猴桃的平均产量、商品果率及一级果率分别为 2 124.93 kg·666.7 m<sup>-2</sup>、97%、82.94%，较对照（2 026.51 kg·666.7 m<sup>-2</sup>、95.56%、80.01%）分别高 4.86%、1.51%、3.66%；平均特技果率为 11.65%，较对照 12.5%低 6.8%。2020 年防雹网内猕猴桃二级果率为 3.31%，较对照 4.13%显著降低 19.85%；2021 年防雹网内猕猴桃二级果率为 1.51%，较对照 1.97%极显著降低 23.35%。表明防雹网对猕猴桃产量、商品果率、特级果率及一级果率没有显著影响，但可显著降低二级果率。

表 5 防雹网对猕猴桃产量及果品分级的影响



**Table 5 Effect of Hail net on yield and grading of kiwifruit**

年份 Years	处理 Treatment	产量 Yield/ (kg·666.7 m <sup>2</sup> )	商品果率 Commodity fruit rate/%	特级果率 Super fruit rate/%	一级果率 Primary fruit rate/%	二级果率 Secondary fruit rate/%
2020	TR	2182.13 a	96.98±15.25 a	11.14±1.34 a	82.53±10.25 a	3.31±0.32 a
	CK	2054.34 a	95.33±16.67 a	12.45±1.52 a	78.75±12.67 a	4.13±0.19 b
2021	TR	2067.73 a	97.02±14.34 a	12.16±1.67 a	83.35±13.21 a	1.51±0.11 a
	CK	1998.67 a	95.79±15.17 a	12.55±0.98 a	81.27±11.69 a	1.97±0.16 b

注：同列不同小写字母表示差异显著 ( $p < 0.05$ )。下同。

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

## 2.5 防雹网猕猴桃叶片病害的影响

褐斑病、灰斑病及黑斑病在供试猕猴桃果园均有发生（表 7），并且褐斑病发生情况较其他两种病害严重。与对照相比，防雹网内猕猴桃褐斑病、灰斑病及黑斑病的病株率、病叶率及病情指数显著或极显著降低。两年间，供试果园猕猴桃褐斑病、灰斑病及黑斑病均呈下降趋势，其中：褐斑病病株率、病叶率、病情指数连续两年均分别比对照低 17.55、21.95、4.13 个百分点和 17.33、21.15、7.04 个百分点；灰斑病的病株率、病叶率、病情指数两年均分别比对照低 6.73、20.73、6.02 个百分点和 9.04、25.66、8.63 个百分点；黑斑病的病株率、病叶率、病情指数两年均分别比对照低 6.11、7.96、2.24 个百分点。表明防雹网可以明显降低猕猴桃果园褐斑病、灰斑病及黑斑病的发生。

表 6 防雹网猕猴桃叶片病害的影响

**Table 6 Effects of Hail net on leaf disease of kiwifruit**

年 份 Years	处理 Treatment	病害种类 Disease type	病株率 Diseased plant rate/%	病叶率 Diseased leaf rate/%	病情指数 Disease index
2020	TR	褐斑病	79.73±7.29	47.28±5.29	18.54±0.39
	对照 Control	Brown spot disease	97.28±8.09*	69.23±6.42**	22.67±1.34*
	TR	灰斑病	12.32±0.27	35.54±1.29	6.35±0.22
	对照 Control	Gray spot disease	19.05±0.59**	56.27±2.29**	12.37±0.56**
	TR	黑斑病	9.13±0.37	29.39±1.29	5.58±0.12
	对照 Control	Black spot disease	15.24±0.19**	37.35±2.19**	8.91±0.31**
2021	TR	褐斑病	78.34±1.12	43.23±2.31	16.55±0.63
	对照 Control	Brown spot disease	95.67±7.32**	64.38±5.36**	23.59±1.11**
	TR	灰斑病	11.34±0.49	32.17±1.25	5.92±0.19
	对照 Control	Gray spot disease	20.38±0.69**	57.83±2.41**	14.55±0.29**
	TR	黑斑病	7.15±0.14	17.39±0.73	3.97±0.87
	对照 Control	Black spot disease	10.24±0.72*	27.86±1.11**	6.21±0.33**

### 3 讨论

#### 3.1 防雹网对温度、光照及猕猴桃物候期的影响

温度和光照是植物调控生长与发育的重要环境信号<sup>[22]</sup>，植物有一系列温度受体和光受体，并通过这些受体感知和传递外界温度和光照变化，调控植物生长发育进程从而影响植物生育期<sup>[23-24]</sup>。防雹网不仅能有效抵御农作物免受冰雹灾害，它还能影响作物生长环境的温度和光照度等从而影响作物生长的小气候。苏秀敏等<sup>[15]</sup>在研究番茄时发现：防雹网对番茄园温度和光照都有影响，在温度低时，防雹网内温度增高，有利于番茄的生长；在温度高时，防雹网内温度降低，有效避免了番茄高温日灼，对提高番茄的产量和品质有很大帮助。白岗栓等<sup>[25]</sup>研究表明：晴天防雹网内早晚气温高于网外，午后略低于网外，日平均气温高于网外；晴天防雹网内光强度极显著低于网外，阴天与网外无明显差异。黄涛<sup>[26]</sup>认为，冬季提高果园温度能打破猕猴桃休眠，促进猕猴桃物候期提前。本试验在防雹网覆盖下，网内果园温度在2—4月一直高于对照，最高可达0.8℃；6—9月一直低于对照，最低可达2.1℃；而网内光照度一直低于网外，这与苏秀敏等<sup>[15]</sup>及白岗栓等<sup>[25]</sup>的研究结果类似。从物候期来看，本试验防雹网内猕猴桃萌芽期、成熟期及落叶期较网外推迟，花期较网外缩短，这与黄涛<sup>[26]</sup>的研究结果相反。可能是因为猕猴桃的生育期是受温度和光照双重影响，并且存在一个温度“调控阈值”和一个光照“调控阈值”，当温度达到而光照未达到过这个“调控阈值”时，温度对植物的生育期起主导作用；当温度未达到而光照达到这个“调控阈值”时，光照起主导作用；当两者均未达到“调控阈值”时，可能是最接近“调控阈值”的那种因素起主导作用；当温度和光照都超达到“调控阈值”时，二者一起对植株起调控作用。六盘水早春温度低、光照较弱，防雹网虽然能提高果园温度、降低光照度，但是总体温度没有达到调控猕猴桃生育期的“调控阈值”，而光照度与光照“调控阈值”接近，此时光照对猕猴桃萌芽起主导作用，所以网外猕猴桃萌芽较早。而在开花期，防雹网内温度较高，光照虽然增强，但依然没有达到“调控阈值”，温度已经达到或者更接近温度的“调控阈值”，此时温度对猕猴桃生长的影响大于光照的影响，所以网内猕猴桃在光照度较弱的条件下花期较网外明显缩短，这与Blázquez等<sup>[27]</sup>在拟南芥上的研究结果类似。至于网内猕猴桃的成熟期及落叶期推迟，这可能是网外猕猴桃叶片感病早衰，从而造成树体营养不足而促使果实提前成熟。然而，是否真的存在调控猕猴桃生育期的温度和光照度“调控阈值”及这个阈值具体值是多少，还需进一步研究。但从生产角度看，防雹网在预防冰雹的同时，能促进猕猴桃集中开花，便于人工辅助授粉，在节省劳动力同时还能节约花粉用量，极大程度上提高了授粉效率。

#### 3.2 防雹网对猕猴桃花芽分化的影响

植物花芽分化包括生理分化和形态分化，是一个十分复杂的形态建成过程<sup>[28]</sup>。花芽分化是开花多少和质量好坏的基础，时刻受外界环境的影响，如温度、光照、水分、矿质元素等<sup>[29-30]</sup>。在本研究中，除温度和光照外其他非生物因子基本相同，温度和光照可能是影响本试验猕猴桃花芽分化的主要原因。前人在研究温度对植物开花的影响表明：有些植物是需要需要经过一段时间的低温才能开花，如黑麦草，石竹，紫罗兰，花园菊等<sup>[30]</sup>；有些植物在经过低温后，可以促进开花并提高花朵质量，如百合、郁金香<sup>[31]</sup>。也有研究发现，光照也是影响植物开花的决定因素之一，光周期诱导可促进开花基因的表达和降解抑制开花因子的形成，如当自然光强度不够时唐菖蒲花芽大部分全部败育，不能进一步分化<sup>[32]</sup>。本试验发现：在防雹网覆盖下，连续两年网内猕猴桃结果枝上的主花数显著或极显著低于对照，单花率极显著高于对照。有两种原因：一是防雹网内猕猴桃生理分化形成花芽原基时，网内光照不足或光质下降，主蕾和侧蕾花芽原基形成均受阻，但侧蕾花芽原基受影响较主花芽原基大，导致网内猕猴桃花芽原基分化减少，因此防雹网内猕猴桃主花和侧花均减少；二是防雹网内猕猴桃花芽生理分化形成花芽原基时能正常进行，但在萌芽现蕾前，网内温度过高导致猕猴桃冷积温不足，导致花芽在形态分化时受阻，并且侧花芽原基受影响较大，少部分花芽原基分化成了叶芽，大部分侧花芽原基退化，所以花量减少及侧花芽退化。目前这只是猜测，具体是温度还是光照影响了猕猴桃主花减少和侧花退化，还需要进一步研究。从测产结果来看，防雹网内外果园产量并没显著差异，主花减少及单花率升高，可以减少疏花疏果环节的用工，有利于生产。

### 3.3 防雹网对猕猴桃叶片病害的影响

搭建防雹网可以改善果园的微环境，从而影响树体抗病能力。袁莲莲等<sup>[14]</sup>研究发现：防雹网可有效降低烟草马铃薯Y病毒和黄瓜花叶病毒病；在有防雹网的覆盖下，苹果树的病害严重度最大值及病害进展曲线下面积无覆盖的苹果树<sup>[33]</sup>；栗进朝等<sup>[34]</sup>研究表明：避雨栽培可降低葡萄霜霉病发生率及病情指数。本试验研究发现：防雹网可以有效降低猕猴桃果园褐斑病、灰斑病及黑斑病发生率。这可能是防雹网改善了果园内的小气候，适宜的生长环境提高了猕猴桃植株叶片的抗病性；也可能是在防雹网的覆盖下，减少了夏季高温强光对猕猴桃叶片的损伤，从而提高了叶片的抗病能力；还可能是防雹网在一定程度上阻碍了网内外雨水及空气的交流，减少了病菌传播，从而降低了猕猴桃叶片病害发生率。猕猴桃叶片抗性增强，有效防止了叶片早衰脱落，避免造成猕猴桃果实因为缺乏营养而提前成熟，这也可能是防雹网内猕猴桃成熟期及落叶期较网外推迟的原因之一。

### 3.4 防雹网效益分析及应用前景

搭建防雹网是有效防控冰雹灾害的手段之一,已经在苹果、葡萄及考研生产上广泛应用。刘佩等<sup>[35]</sup>研究表明:在苹果果园建设平面式防雹网每 666.7 m<sup>2</sup> 成本为 3 860.4 元,产投比为 22:1;刘俊等<sup>[36]</sup>研究认为:在葡萄园建设防雹网成本为 4215 元·666.7 m<sup>-2</sup>,10 年内遇到 1 次冰雹即可将成本全部收回,而且葡萄单品价格越高,防雹网的经济价值越明显;王震东<sup>[37]</sup>等在分析防雹网对烤烟种植效益时表明:烟田架设防雹网后扣除成本后每 666.7 m<sup>2</sup> 收入增加 800 元。在六盘水的生产实践表明:第一次建设防雹网每 666.7 m<sup>2</sup> 钢材设施投入约为 4000 元,雹网 800~1000 元,以 20 年为一个周期,每 666.7 m<sup>2</sup> 防雹网物资投入约为 7400~8000 元,折合成每年投入 200 元·666.7 m<sup>-2</sup>。近 6 年六盘水冰雹年均 3 次,猕猴桃平均 666.7 m<sup>2</sup> 产值为 12 000 元·666.7 m<sup>-2</sup>,防雹网产投比为 180:1。建设防雹网的主要制约因素是首次建设成本高,但防雹网钢架结构一般可用 15~20 年,雹网一般可用 5 年,一次投入可多年使用。随着冰雹灾害的加剧及市场对农产品质量要求的进一步提高,防雹网是破解雹灾与空域管控矛盾的有效措施之一,将有望在优质水果、蔬菜、烤烟等高效经济作物的生产中推广应用。

#### 4 结论

防雹网对猕猴桃生产具有积极的促进作用,一方面能缩短猕猴桃花期,促进花朵集中开放,有利于人工辅助授粉,提高人工授粉及花粉使用效率;另一方面能减少猕猴桃主花数量,提高单花率,可减少疏花疏果人工投入,降低生产成本;还能显著降低猕猴桃叶片褐斑病、灰斑病及黑斑病发生率,有效防止了叶片早衰导致的果实非正常早熟,是防控冰雹灾害的最直接、最有效的措施之一,有望在冰雹重灾区推广。

#### 参考文献 References:

- [1] 方金豹, 钟彩虹. 新中国果树科学研究 70 年: 猕猴桃[J]. 果树学报, 2019, 36(10): 1352-1359.  
FANG Jinbao, ZHONG Caihong. Fruit scientific research in new China in the past 70 years: Kiwifruit[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(10): 1352-1359.
- [2] 龙友华, 张承, 龚芬, 吴小毛, 尹显慧. 叶面施硒对猕猴桃含硒量、镉铅积累及品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(11): 74-78.  
LONG Youhua, ZHANG Cheng, GONG Fen, WU Xiaomao, YIN Xianhui. Effects of foliar application of selenium fertilizer on selenium content, accumulation of cadmium and lead, and fruit quality of kiwifruit[J]. Food Science, 2016, 37(11): 74-78.
- [3] 姜正旺, 钟彩虹. 试论猕猴桃科普与果实品质提升的重要性[J]. 中国果树, 2020(1): 1-8.  
JIANG Zhengwang, ZHONG Caihong. A comprehensive understanding with the importance of popular science knowledge to the kiwifruit quality improvement[J]. China Fruits, 2020(1): 1-8.
- [4] 傅一凡, 王周倩, 邱栋梁, 黄文俊, 钟彩虹. 防雹网对‘东红’猕猴桃果实耐贮性和品质的影响[J]. 植物科学学报, 2024, 42(4): 533-542.  
FU Yifan, WANG Zhouqian, QIU Dongliang, HUANG Wenjun, ZHONG Caihong. Effects of anti-hail nets on storage performance and quality of *Actinidia chinensis* Planch. ‘Donghong’[J]. Plant Science

- Journal, 2024, 42(4): 533-542.
- [5] 李发康, 魏宝融, 缪平, 崔国栋. 防雹网在现代苹果园中的应用及其影响综述[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(11): 81-83.  
LI Fakang, WEI Baorong, MIAO Ping, CUI Guodong. Application and influence in modern apple orchards of anti hail net[J]. Gansu Agricultural Science and Technology, 2021, 52(11): 81-83.
- [6] 衣娜娜, 苏立娟, 郑旭程, 辛悦, 蔡敏, 李慧, 靳雨晨. 冰雹天气的环境参量及预报模型[J]. 干旱区研究, 2024, 41(1): 13-23.  
YI Nana, SU Lijuan, ZHENG Xucheng, XIN Yue, CAI Min, LI Hui, JIN Yuchen. Environmental parameters and forecast models of hail events[J]. Arid Zone Research, 2024, 41(1): 13-23.
- [7] 郑永光, 张小玲, 周庆亮, 端义宏, 谌芸, 何立富. 强对流天气短时临近预报业务技术进展与挑战[J]. 气象, 2010, 36(7): 33-42.  
ZHENG Yongguang, ZHANG Xiaoling, ZHOU Qingliang, DUAN Yihong, CHEN Yun, HE Lifu. Review on severe convective weather short-term forecasting and nowcasting[J]. Meteorological Monthly, 2010, 36(7): 33-42.
- [8] 范皓, 杨永胜, 段英, 许焕斌, 刘黎平, 耿飞. 太行山东麓一次强对流冰雹云结构的观测分析[J]. 气象学报, 2019, 77(5): 823-834.  
FAN Hao, YANG Yongsheng, DUAN Ying, XU Huanbin, LIU Liping, GENG Fei. An observational analysis of the cloud structure of a severe convective hailstorm over the eastern foothill of Taihang Mountain[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2019, 77(5): 823-834.
- [9] 莫丽霞, 高宪权, 欧徽宁, 周云霞, 梁维亮. 基于数值模式产品的广西冰雹客观预报方法研究[J]. 干旱气象, 2020, 38(3): 480-489.  
MO Lixia, GAO Xianquan, OU Huining, ZHOU Yunxia, LIANG Weiliang. Study of objective forecast method of Guangxi hail based on numerical model product[J]. Journal of Arid Meteorology, 2020, 38(3): 480-489.
- [10] 李敬川, 刘俊, 武亚敬, 王秀芬, 张东风, 汉瑞峰. 防雹网对光照和葡萄光合速率影响的研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(增刊2): 128-132.  
LI Jingchuan, LIU Jun, WU Yajing, WANG Xiufen, ZHANG Dongfeng, HAN Ruifeng. Effect of hail suppression net on light and photosynthetic rate of grapevines[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2010, 25(Suppl. 2): 128-132.
- [11] BASTÍAS R M, LOSCIALE P, CHIECO C, CORELLI-GRAPPADELLI L. Red and blue netting alters leaf morphological and physiological characteristics in apple trees[J]. Plants, 2021, 10(1): 127.
- [12] BOSCO L C, BERGAMASCHI H, CARDOSO L S, DE PAULA V A, MARODIN G A B, NACHTIGALL G R. Apple production and quality when cultivated under anti-hail cover in Southern Brazil[J]. International Journal of Biometeorology, 2015, 59(7): 773-782.
- [13] BOSCO L C, BERGAMASCHI H, CARDOSO L S, DE PAULA V A, MARODIN G A B, BRAUNER P C. Microclimate alterations caused by agricultural hail net coverage and effects on apple tree yield in subtropical climate of Southern Brazil[J]. Bragantia, 2017, 77(1): 181-192.
- [14] 袁莲莲, 马建彬, 肖振杰, 李敏, 沈贵忠, 靳彦峰, 周艳宾, 李新辉, 安泉成, 郑振兴, 刘兴锋, 王新伟, 申莉莉, 王凤龙, 李彬. 防雹网对烤烟主要病虫害防治效果的研究[J]. 植物医学, 2022, 1(6): 97-103.  
YUAN Lianlian, MA Jianbin, XIAO Zhenjie, LI Min, SHEN Guizhong, JIN Yanfeng, ZHOU Yanbin, LI Xinhui, AN Quancheng, ZHENG Zhenxing, LIU Xingfeng, WANG Xinwei, SHEN Lili, WANG Fenglong, LI Bin. Study on the control effect of hail-proof net on main diseases and pests of flue-cured tobacco[J]. Plant Health and Medicine, 2022, 1(6): 97-103.

- [15] 苏秀敏, 韩文清, 王俊, 李鹏, 王秋兰, 刘永忠. 防雹网对网内旱地番茄微环境及产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2023, 39(19): 27-32.  
SU Xiumin, HAN Wenqing, WANG Jiao, LI Peng, WANG Qiulan, LIU Yongzhong. Effect of hail net on microenvironment, yield and quality of dryland tomato[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2023, 39(19): 27-32.
- [16] 徐福利, 马涛, 赵世伟, 廖佳丽. 宁南山区防雹网内梨园生境状态研究[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(4): 201-204.  
XU Fuli, MA Tao, ZHAO Shiwei, LIAO Jiali. Effect of hail defend-net on living condition in pear orchard in south Ningxia[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2008, 26(4): 201-204.
- [17] 储宝华. 不同颜色的防雹网对苹果树生长和果实品质的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2022.  
CHU Baohua. The influence of Anti-hail nets with different color on apple tree growth and fruit quality[D]. Yangling: Northwest A & F University, 2022.
- [18] KALCSITS L, MUSACCHI S, LAYNE D R, SCHMIDT T, MUPAMBI G, SERRA S, MENDOZA M, ASTEGGIANO L, JAROLMASJED S, SANKARAN S, KHOT L R, ESPINOZA C Z. Above and below-ground environmental changes associated with the use of photoselective protective netting to reduce sunburn in apple[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2017, 237/238: 9-17.
- [19] BASILE B, GIACCONE M, SHAHAK Y, FORLANI M, CIRILLO C. Regulation of the vegetative growth of kiwifruit vines by photo-selective anti-hail netting[J]. Scientia Horticulturae, 2014, 172: 300-307.
- [20] BASILE B, GIACCONE M, CIRILLO C, RITIENI A, GRAZIANI G, SHAHAK Y, FORLANI M. Photo-selective hail nets affect fruit size and quality in Hayward kiwifruit[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 141: 91-97.
- [21] MOURA L, PINTO R, RODRIGUES R, BRITO L M, REGO R, VALÍN M I, MARIZ-PONTE N, SANTOS C, MOURÃO I M. Effect of photo-selective nets on yield, fruit quality and Psa disease progression in a 'Hayward' kiwifruit orchard[J]. Horticulturae, 2022, 8(11): 1062.
- [22] 李莉, 李旭, 刘亚文, 刘宏涛. 光和温度调控开花时间的研究进展[J]. 中国科学: 生命科学, 2016, 46(3): 253-259.  
LI Li, LI Xu, LIU Yawen, LIU Hongtao. Flowering responses to light and temperature[J]. Scientia Sinica (Vita), 2016, 46(3): 253-259.
- [23] PUTTERILL J, VARKONYI-GASIC E. FT and florigen long-distance flowering control in plants[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2016, 33: 77-82.
- [24] BALASUBRAMANIAN S, SURESHKUMAR S, LEMPE J, WEIGEL D. Potent induction of *Arabidopsis thaliana* flowering by elevated growth temperature[J]. PLoS Genetics, 2006, 2(7): e106.
- [25] 白岗栓, 杜社妮, 李明霞, 耿桂俊, 闫亚丹. 防雹网对果园立地环境及苹果生长的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(3): 255-261.  
BAI Gangshuan, DU Sheni, LI Mingxia, GENG Guijun, YAN Yadan. Influence of anti-hail net on the habitat and growth of apple[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2010, 26(3): 255-261.
- [26] 黄涛. 大棚栽培条件下红阳猕猴桃生长发育及果实品质的研究[D]. 雅安: 四川农业大学, 2012.  
HUANG Tao. Studies on the development and fruit quality of the 'Red sun' kiwifruit in plastic greenhouse [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2012.
- [27] BLÁZQUEZ M A, AHN J H, WEIGEL D. A thermosensory pathway controlling flowering time in *Arabidopsis thaliana*[J]. Nature Genetics, 2003, 33(2): 168-171.
- [28] 陈欣晨, 赵慧敏, 王森, 邬思敏, 向林, 产祝龙, 王艳平. 不同温度对郁金香花芽分化的影响及相关基因表达分析[J]. 园艺学报, 2023, 50(5): 1037-1047.

- CHEN Xinchun, ZHAO Huimin, WANG Sen, WU Simin, XIANG Lin, CHAN Zhulong, WANG Yanping. Analysis of floral bud differentiation and related genes expression under different temperatures in *Tulipa gesneriana*[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2023, 50(5): 1037-1047.
- [29] 董晓晓. 单花及有侧花牡丹品种花芽分化规律初步研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2020.  
DONG Xiaoxiao. Preliminary study on the bud differentiation of single-flowered and lateral-flowered tree peony cultivars[D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2020.
- [30] 马月萍, 戴思兰. 植物花芽分化机理研究进展[J]. 分子植物育种, 2003, 1(4): 539-545.  
MA Yueping, DAI Silan. Flower bud differentiation mechanism of anthophyta[J]. Molecular Plant Breeding, 2003, 1(4): 539-545.
- [31] 桂敏, 陈敏, 黎霞, 龙江, 卢珍红. 4种球根盆花的生育特性·植物学性状及花期调控研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(1): 131-133.  
GUI Min, CHEN Min, LI Xia, LONG Jiang, LU Zhenhong. Study on growth and development characteristics, botanical characteristics and flowering period control of four flower bulbs[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2010, 38(1): 131-133.
- [32] 黄嘉鑫. 光照对唐菖蒲花芽分化及相关理化指标影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2003.  
HUANG Jiabin. Effect of daylength and light on flower bud differentiation and relevant physiological-biochemical index of Gladiolus[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2003.
- [33] BOGO A, CASA R T, AGOSTINETO L, GONÇALVES M J, RUFATO L. Effect of hail protection nets on apple scab in 'Royal Gala' and 'Fuji' apple cultivars[J]. Crop Protection, 2012, 38: 49-52.
- [34] 栗进朝, 段罗顺, 张晓申. 避雨对葡萄病害和光照强度的影响[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 847-850.  
LI Jinchao, DUAN Luoshun, ZHANG Xiaoshen. Effect of rainproof cultivation on grape disease incidence and light intensity under the shelter[J]. Journal of Fruit Science, 2009, 26(6): 847-850.
- [35] 刘佩, 王建玉. 老苹果园防雹网架设技术及效益调查[J]. 果树实用技术与信息, 2023(7): 39-42.  
LIU Pei, WANG Jianyu. Investigation on technology and benefit of anti-hail net erection in old apple orchard[J]. Fruit tree practical technology and information, 2023(7): 39-42.
- [36] 刘俊, 田勤科, 李敬川, 张东风, 王秀芬. 葡萄防雹网防雹成本与经济效益评价[J]. 河北林业科技, 2011(2): 1-5.  
LIU Jun, TIAN Qinke, LI Jingchuan, ZHANG Dongfeng, WANG Xiufen. Evaluation of anti-hail net cost and economic benefit of grape[J]. The Journal of Hebei Forestry Science and Technology, 2011(2): 1-5.
- [37] 王震东, 李义春, 宝建民, 祁忠廷, 王兴林, 王子华, 张树廷. 烟田防雹网防雹试验推广初报[J]. 中国烟草科学, 2010, 31(1): 32-33.  
WANG Zhendong, LI Yichun, BAO Jianmin, QI Zhongting, WANG Xinglin, WANG Zihua, ZHANG Shuting. Preliminary report on application of hail-proof net in tobacco fields[J]. Chinese Tobacco Science, 2010, 31(1): 32-33.