

王翠丽,邹 兰,杨世梅,等. 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒光合特性及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(14):155-159.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.14.021

增施 CO₂ 与补光互作对辣椒光合特性及产量的影响

王翠丽¹, 邹 兰², 杨世梅¹, 张想平¹, 谢忠清¹, 陈志国¹, 严宗山¹, 彭 钊¹, 李建华¹

(1. 甘肃省农业工程技术研究院,甘肃武威 733006;2. 咸阳市农业科学研究院,陕西咸阳 712000)

摘要:探索增施 CO₂ 与补光互作对辣椒光合特性及产量的影响,为温室辣椒增施 CO₂ 与补光提供理论依据。以 37-94 辣椒为供试材料,探究 3 个 CO₂ 与补光互作处理(T1:LED 红光:蓝光=5:1+CO₂;T2:LED 红光:蓝光:白光=3:2:1+CO₂;T3:植物补光灯+CO₂)条件下,增施 CO₂ 与补光对辣椒光合特性及产量的影响。结果表明,与 CK 相比,LED 红光:蓝光:白光=3:1:1+CO₂ 处理下,辣椒植株株高、茎粗、叶宽、叶长和叶绿素含量均有所增加;叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO₂ 浓度(C_i)较对照分别提高 48.07%、66.67%、31.17%,产量为 4 435.00 kg/667 m²。LED 红光:蓝光:白光=3:1:1+CO₂ 处理下能够促进辣椒植株生长,提高光合作用,从而提高果实产量。

关键词:CO₂;补光;辣椒;日光温室;光合特性;产量

中图分类号:S641.304 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)14-0155-04

辣椒 (*Capsicum annuum* L.) 为茄科辣椒属植物,喜光、喜温,在我国及世界各地大量种植^[1-2]。作为我国北方设施栽培主栽品种之一,辣椒果实中含有丰富的维生素 C、可溶性固形物、胡萝卜素、辣椒素^[3]。光照在植物生长中提供能量和信号来源,CO₂ 是作物光合作用的原料之一^[4]。冬春季节降雨、降雪天气较为集中并且温室骨架结构、覆盖材料等造成室内低温弱光严重;温室是一个相对密闭的环境体系,为保证作物正常的生长温度,长时间不能进行内外气体交换,温室内 CO₂ 不足,影响温室辣椒正常的生长发育,使产量降低、品质变差^[5]。LED(发光二极管)是一种人工冷光源,具有寿命长、光谱纯、耗能低、波长固定、体积小、可近距离照射植物并且可以根据实际需要进行光量与光质的分散或组合控制等优点,作为一种新型光源,在国内外已普遍应用于设施蔬菜的补光^[6]。因此,增施 CO₂ 与 LED 补光已成为解决温室环境的首要选择。冬春季节,温室植物生长可以进行补光,以缓解室

内光照不足的状况,改善生长的光环境,进而改善植物品质及产量^[7];有研究表明,作物生长、叶片光合色素合成、开花及果实生长都离不开光照^[8]。有研究发现,彩色甜椒补充黄光,可培育壮苗;补充绿光,能有效提高茼蒿株高、干质量和鲜质量^[9]。LED 补光时间不同对辣椒叶片的光合作用影响不同。红蓝光对提高辣椒叶片的光合速率、胞间 CO₂ 浓度效果显著,另外红光:蓝光=8:3 能够提高辣椒光合作用^[10]。CO₂ 浓度的高低也影响着植物的生长发育,研究发现,增施 CO₂ 能显著促进作物幼苗的生长,提高壮苗指数,对作物的株高、叶片数、根冠比、干质量、鲜质量都有增大的效果^[11]。潘玖琴等研究增施 CO₂ 对大棚不同辣椒品种农艺性状及产量的影响,发现增施 CO₂ 可提高不同辣椒品种的株高^[12]。魏岷等研究表明,增施 CO₂ 可促进黄瓜根系的生长,且根系的吸收总面积、根系体积和根系活力均增加^[13]。我国北方地区,冬春季日照时间短,为确保室内温度适宜作物生长,经常 09:00 起帘,16:30 落帘,造成温室内光照变弱现象,严重影响植物生长。另外由于温室不能长时间进行空气交换,使室内 CO₂ 浓度降低,严重影响辣椒的生长发育,因此,增施 CO₂ 与 LED 补光提高设施内 CO₂ 浓度与光照环境,已成为改善温室 CO₂ 浓度与补光的必要条件。本试验通过增施 CO₂ 与 LED 补光互作的方法,对辣椒进行补 CO₂ 与 LED 光,旨在探究增施 CO₂ 与 LED 补光对辣椒生长发育及品质的影响,以

收稿日期:2021-08-19

基金项目:甘肃省青年科技基金(编号:20JR5RA070);甘肃省武威市科技计划(编号:WW2101030、WW2101031)。

作者简介:王翠丽(1989—),女,甘肃会宁人,硕士,助理研究员,从事设施蔬菜栽培生理与生长研究。E-mail:wangc1116@163.com。

通信作者:陈志国,副研究员,从事设施农业病虫害防治研究, E-mail:157504778@qq.com;谢忠清,高级农艺师,从事设施农作物生长调控研究, E-mail:10722076272@qq.com。

期为温室辣椒实现高产优质提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2019 年 8 月至 2020 年 1 月在甘肃省武威市甘肃农业工程技术研究院日光温室内进行。供试辣椒品种为 37-94(武威百利种苗有限公司)。试验器材有 LED 补光灯(山东贵翔光电有限公司);植物补光灯(杭州临安佳遇科技有限公司),额定功率为 36W;吊挂式 CO₂ 发生剂(河南省春光农化有限公司),黄沙基质栽培,2019 年 8 月 28 日定植,9 月 20 日开始补光处理,增施 CO₂ 于辣椒现门椒后进行。共设置 4 个处理,分别为 T1 处理(LED 红光:蓝光=5:1+CO₂);T2 处理(LED 红光:蓝光:白光=3:1:1+CO₂);T3 处理(植物补光灯+CO₂);对照 CK:不补光+CO₂。CO₂ 浓度设置为 800 μmol/mol,使用 CO₂ 监测仪测定,每个处理选取 9 株植株测定,每个处理重复 3 次,至 2020 年 1 月 5 日增施 CO₂ 和补光结束。

1.2 补光设置

光源设置在作物行间(垄面垂直方向)距作物顶部 30 cm 处,光源高度随辣椒植株生长进行调整,T1、T2、T3 处理每垄安装 2 盏补光灯,每个处理之间设置 2 垄保护行,避免处理之间相互影响。补光时间为 18:00—22:00,补光灯光照度为 50 μmol/(m²·s)。

1.3 补气设置

用透明的塑料薄膜将每个小区隔开,补光灯设置在小区内部,确保处理区之间不会有气体扩散,在各小区中悬挂相同数量的吊挂式 CO₂ 发生剂,确保每个小区 CO₂ 使用量相同。

1.4 测试指标及测试方法

株高:用卷尺测定辣椒茎基部至生长点的长度。茎粗:用数显卡尺测定茎基部第 1 节处的茎粗。

叶长和叶宽:选取生长点向下第 3 张功能叶固定测量。叶绿素含量:用 SPAD-502 叶绿素含量测定仪测定。

光合指标:辣椒盛果期(11 月 28 日),进行辣椒叶片光合生理指标的测定。白天 09:30—11:30,夜间 19:30—21:30,用 Li-6400 便携式光合测定仪测定辣椒叶片净光合速率(*P_n*)、胞间 CO₂ 浓度(*C_i*)、气孔导度(*G_s*)和蒸腾速率(*T_r*)等光合参数。选取自生长点向下数第 3~4 张完全展开、生长良好的辣椒叶片,测定光照度为 1 000 μmol/(m²·s),CO₂ 浓

度为 380 μmol/mol,相对湿度为 75%。

产量:每个处理取 10 株长势一致的辣椒,统计整个生育期的果实数与产量,计算单果质量、单株果数及产量。

1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据处理及作图,采用 SPSS 19.0 软件的 Duncan's 新复极差法进行方差分析与差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒株高的影响

由表 1 可知,辣椒株高在增施 CO₂ 与补光灯互作处理下存在显著差异。定植 40、120 d,T2 处理株高较 CK 显著提高,增幅分别为 14.35%、33.53%,与 T3 处理无显著性差异。定植 80 d 时,T2 处理株高较 CK、T1、T3 处理分别提高 23.00、25.33、16.66 cm。

表 1 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的株高

| 处理 | 株高(cm) | | |
|----|---------------|----------------|-----------------|
| | 40 d | 80 d | 120 d |
| CK | 76.67 ± 2.02b | 111.33 ± 1.53b | 116.33 ± 6.69b |
| T1 | 84.33 ± 1.45a | 109.00 ± 2.96b | 137.33 ± 6.01ab |
| T2 | 87.67 ± 1.20a | 134.33 ± 3.38a | 155.33 ± 6.33a |
| T3 | 86.00 ± 3.05a | 117.67 ± 3.10b | 144.33 ± 6.98a |

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异显著(*P*<0.05)。表 2 至表 7 同。

2.2 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒茎粗的影响

由表 2 可知,随着生育周期的延长,茎粗呈现增大趋势。定植 40、120 d 时,T1、T2、T3 处理之间辣椒茎粗无显著差异。定植 80 d,T2 处理辣椒茎粗高于 CK、T3 处理,分别高 1.53、1.35 cm;定植 120 d 时,各处理茎粗大小表现为 T3 处理>T2 处理>T1 处理>CK。

表 2 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的茎粗

| 处理 | 茎粗(mm) | | |
|----|----------------|----------------|---------------|
| | 40 d | 80 d | 120 d |
| CK | 10.30 ± 0.08b | 12.15 ± 0.54b | 13.30 ± 0.74a |
| T1 | 10.71 ± 0.37ab | 13.42 ± 1.74a | 13.62 ± 1.13a |
| T2 | 11.45 ± 0.18a | 13.68 ± 0.31a | 14.57 ± 0.51a |
| T3 | 10.85 ± 0.08ab | 12.33 ± 0.38ab | 14.93 ± 0.64a |

2.3 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒叶长的影响

由表 3 可知,整个生育期叶片叶长伸长表现为先增大后降低。定植 40 d 各处理之间无显著差异;

80 d 时,各处理叶片叶长出现最大值,T2 处理较 T1、T3 处理分别提高 3.47%、11.18%;定植 120 d 时各处理之间无显著差异,其中 T2 处理叶长最长,为 10.00 cm。

表 3 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的叶长

| 处理 | 叶长 (cm) | | |
|----|---------------|----------------|---------------|
| | 40 d | 80 d | 120 d |
| CK | 9.67 ± 0.38a | 10.33 ± 0.23b | 8.00 ± 0.58a |
| T1 | 9.57 ± 0.29a | 11.82 ± 0.11ab | 8.59 ± 0.88a |
| T2 | 10.50 ± 0.42a | 12.23 ± 0.44a | 10.00 ± 0.58a |
| T3 | 9.80 ± 0.28a | 11.00 ± 0.33ab | 9.67 ± 0.43a |

2.4 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒叶宽的影响

由表 4 可知,增施 CO₂ 与补光互作对辣椒叶宽影响不明显,叶宽的变化幅度为先增大后减小的趋势,在定植 80 d 时,各处理叶宽最大,分别为 5.90、6.27、6.83、6.63 cm;整个生育期均表现为 T2 处理叶宽高于其他处理;定植 120 d 时,各处理辣椒叶宽表现为 T2 处理 > T3 处理 > T1 处理 > CK。

表 4 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的叶宽

| 处理 | 叶宽 (cm) | | |
|----|--------------|--------------|---------------|
| | 40 d | 80 d | 120 d |
| CK | 5.40 ± 0.26a | 5.90 ± 0.19a | 4.90 ± 0.06b |
| T1 | 5.43 ± 0.10a | 6.27 ± 0.37a | 5.50 ± 0.37ab |
| T2 | 5.93 ± 0.49a | 6.83 ± 0.49a | 6.63 ± 0.26a |
| T3 | 5.80 ± 0.28a | 6.63 ± 0.29a | 5.87 ± 0.33ab |

2.5 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒叶绿素含量的影响

由表 5 可知,定植 40 d,与对照相比,T1、T2、T3

处理叶绿素含量分别提高 8.60、8.94、5.74 mg/g,其中 T2 处理叶绿素含量最高,为 54.87 mg/g;定植 80 d 时,各处理之间无显著差异,但各处理叶绿素含量出现最高值,分别为 53.80、56.30、61.17、55.13 mg/g;拉秧期 120 d,各处理叶绿素含量之间无差异。

表 5 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的叶绿素含量

| 处理 | 叶绿素含量 (mg/g) | | |
|----|---------------|---------------|---------------|
| | 40 d | 80 d | 120 d |
| CK | 45.93 ± 0.34b | 53.80 ± 1.66a | 50.93 ± 0.40a |
| T1 | 54.53 ± 1.98a | 56.30 ± 2.35a | 55.07 ± 0.26a |
| T2 | 54.87 ± 1.17a | 61.17 ± 0.31a | 55.40 ± 0.38a |
| T3 | 51.67 ± 1.68a | 55.13 ± 2.37a | 52.57 ± 0.27a |

2.6 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒光合作用的影响

由表 6 可知,T2 处理叶片净光合速率、胞间 CO₂ 浓度和气孔导度显著高于其他处理(除 C_i T1 与 T2 处理差异不显著外),其中较 CK 分别提高 48.07%、66.67%、31.17%;与对照相比,各处理显著影响了辣椒叶片的气孔导度,T2 处理的气孔导度最大,为 348.98 mmol/(m²·s),高于 T1、T3 处理且 T1、T3 处理之间无显著性差异,T1、T3 处理较 CK 处理分别提高 17.90%、12.58%。

2.7 增施 CO₂ 与补光互作对辣椒产量的影响

由表 7 可知,不同处理下,T2 处理单果质量和单株果数均最高,较 T1、T3 处理分别提高 21.25%、16.19% 和 5.55%、18.75%。其中 T2 处理产量显著高于其他处理,较对照增加 2 146.34 kg/667 m²。

表 6 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的光合指标

| 处理 | P_n [μmol/(m ² ·s)] | C_i (μmol/mol) | G_s [mmol/(m ² ·s)] | T_r [mmol/(m ² ·s)] |
|----|-------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | | | | |
| CK | 13.71 ± 0.69c | 0.30 ± 0.02c | 266.05 ± 3.04c | 6.58 ± 0.18a |
| T1 | 16.53 ± 0.33b | 0.42 ± 0.03ab | 313.68 ± 1.51b | 6.02 ± 0.11ab |
| T2 | 20.30 ± 0.42a | 0.50 ± 0.02a | 348.98 ± 2.88a | 5.51 ± 0.23b |
| T3 | 18.57 ± 0.25ab | 0.39 ± 0.05bc | 299.51 ± 3.00b | 5.62 ± 0.46b |

表 7 增施 CO₂ 与补光互作下辣椒的产量

| 处理 | 单果质量 (g) | 单株果数 (个) | 产量 (kg/667 m ²) | 增产率 (%) |
|----|----------------|----------------|--------------------------------|------------|
| CK | 16.68 ± 1.81b | 35.33 ± 2.91b | 2 288.66 ± 45.36c | |
| T1 | 20.89 ± 1.17ab | 54.00 ± 3.63ab | 3 923.33 ± 23.67b | 71.42 |
| T2 | 25.33 ± 0.30a | 57.00 ± 2.54a | 4 435.00 ± 57.17a | 93.78 |
| T3 | 21.80 ± 1.85a | 48.00 ± 2.89ab | 3 865.00 ± 58.39b | 68.88 |

3 讨论与结论

光是植物进行光合作用的能源,光合器官的正常发育长期受光调控。Cosgrove 等研究发现红光:蓝光 = 5:1 时,可显著提高黄瓜幼苗的根冠比,红光:蓝光 = 3:1 时,可提高黄瓜幼苗的真叶面积、干质量、鲜质量^[14]。杜建芳等对油菜幼苗进行补光

处理,研究发现白光和红光处理对油菜幼苗的生长有促进效果^[15]。 CO_2 是光合作用的重要原料,影响着植物的生长发育,浓度过高或不足都会阻碍蔬菜生长^[1]。有研究表明,增施 CO_2 能显著提高作物幼苗壮苗指数,对作物的株高、叶片数、根冠比、干质量、鲜质量都有促进作用^[10]。潘玖琴等研究发现增施 CO_2 可以提高设施辣椒的株高^[12]。魏珉等研究表明,增施 CO_2 后,黄瓜根系的吸收总面积、根系体积和根系活力均增加^[13]。周国泉等对生菜的补光试验发现,红光:蓝光:远红光=5:1:0.15 时,生菜的叶片长、叶片鲜质量、叶片数量都显著增加^[16]。本研究发现增施 CO_2 和补光互作处理,辣椒植株的株高、茎粗、叶长、叶宽都较对照均有所提高,其中生长盛期,红:蓝:白光=3:1:1+ CO_2 处理下,定植 80 d 时辣椒株高、茎粗、叶长、叶宽较其他处理出现最大值,分别为 134.33、13.68、12.23、6.83 cm。

叶绿素在辣椒光合过程中可以捕获光信号,其含量多少影响光合能力的大小^[17]。任桂萍等发现通过不同 LED 光源照射蝴蝶兰的组培苗,结果表明,红色 LED 光照射对于叶绿素含量的增长没有明显的效果,蓝色光源可以促进叶绿素等光合色素的积累^[18];曲溪等研究表明,LED 补光可以显著提高番茄中的叶绿素含量^[19]。Cosgrove 等研究不同 LED 光对黄瓜幼苗的补光发现,红光:蓝光=3:1 时番茄的蒸腾速率出现不同程度的提高^[14]。Matsuda 等在红光的基础上补充蓝光可显著地增大作物的净光合速率^[20]。 CO_2 浓度影响着作物的光合、蒸腾和光呼吸效率。张丽红等研究表明,蔬菜在高浓度 CO_2 的环境下,能在较短的时间显著提高作物光合速率,但是长时间在高浓度 CO_2 下,会抑制光合速率的增加^[21];李清明等研究发现,随着 CO_2 浓度的增加黄瓜叶片的净光合速率增加,蒸腾速率降低^[22];赵天宏等研究表明,随着 CO_2 含量的升高,可以提高植物光系统 II 光化学活性^[23]。本试验结果表明,红光:蓝光:白光=3:1:1+ CO_2 处理下,辣椒叶片叶绿素含量升高,说明红光:蓝光:白光=3:1:1+ CO_2 可促进辣椒叶片叶绿素含量的增加。辣椒生长盛期,与对照相比,红光:蓝光:白光=3:1:1+ CO_2 处理下,辣椒叶片 P_n 、 G_s 、 C_i 显著提高,表明增施 CO_2 与补光可提高辣椒光合作用。

单果质量和单株果数是构成产量的因素,在蔬

菜生长过程中光、温、水、肥等多种因素可以影响蔬菜产量的高低。吴家森等使用 LED 光对萝卜补光,结果表明,补光萝卜肉质根、鲜质量均有较大增加^[24]。另有研究表明, CO_2 富集对设施作物果实产量具有显著影响^[25]。本试验中,红光:蓝光+ CO_2 =5:1+ CO_2 、红光:蓝光:白光+ CO_2 =3:1:1+ CO_2 、植物补光灯+ CO_2 处理均能提高辣椒单果质量和单株果数;红光:蓝光:白光+ CO_2 =3:1:1+ CO_2 处理下辣椒产量显著提高,增产率最大,说明 CO_2 与补光互作可有效提高辣椒产量。

综上所述,红光:蓝光:白光+ CO_2 =3:1:1+ CO_2 处理下辣椒植株的株高、茎粗、叶绿素含量、叶片长度和叶片宽度均增大,光合速率提高,增强光合作用,促进光合产物的积累,进而提高辣椒果实产量。

参考文献:

- [1] 贾文燕,梁银丽,白彩虹,等. 前茬作物对辣椒生长发育及产量和品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(5):119-124,130.
- [2] 李莉萍,王 军,段泽敏. 有机肥、无机肥与微肥配施对色素辣椒品质的影响[J]. 热带作物学报,2009,30(12):1759-1763.
- [3] 王洪安. 北方温室人工补光光源特性及优化配置研究[J]. 吉林农业,2011(1):33-34.
- [4] 李合生. 现代植物生理学[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [5] 刘再亮,马承伟,杨其长. 设施环境中红光与远红光比值调控的研究进展[J]. 农业工程学报,2004,20(1):270-273.
- [6] 吴根良,郑积荣,李许可. 不同 LED 光源对设施越冬辣椒果实品质和产量的影响[J]. 浙江农林大学学报,2014,31(2):246-253.
- [7] 王 芳,高芳云,吕 顺,等. 不同比例红蓝 LED 灯对蔬菜育苗的补光效应[J]. 热带作物学报,2015,36(8):1398-1402.
- [8] 许大全,高 伟,阮 军. 光质对植物生长发育的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(8):1217-1234.
- [9] 周成波,张 旭,刘彬彬,等. 补光光质对叶用莴苣光合特性的影响[J]. 植物生理学报,2015,51(12):2255-2262.
- [10] 吴根良,郑积荣,李许可. 不同 LED 光源对设施越冬辣椒光合特性和叶绿素荧光参数的影响[J]. 浙江农业学报,2013,25(6):1272-1278.
- [11] 熊 珺,曲英华,范冰琳,等. 不同 CO_2 浓度下番茄苗期及果期的光合特性[J]. 北方园艺,2015(9):6-9.
- [12] 潘玖琴,卢国强,周晓平,等. 增施 CO_2 对大棚不同辣椒品种农艺性状及产量的影响[J]. 长江蔬菜,2016(4):66-67.
- [13] 魏 珉,邢禹贤,于贤昌,等. CO_2 施肥对黄瓜幼苗抗冷性及后期生育的作用[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2001,32(2):157-161.
- [14] Cosgrove D J. Rapid suppression of growth by blue light occurrence, time course, and general characteristics[J]. Plant Physiology, 1981,67(3):584-590.

胡家达,吴海智,薛昌安,等. 胆固醇和磷脂酰胆碱对山羊精液冷冻保存效果的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(14):159-165.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.14.022

胆固醇和磷脂酰胆碱对山羊精液冷冻保存效果的影响

胡家达¹,吴海智²,薛昌安¹,顾紫薇¹,王若茜¹,潘江山¹,高永恒¹,刘亚¹,
方富贵¹,张运海¹,丁建平¹,李运生¹

(1. 安徽农业大学动物科技学院,安徽合肥 230036; 2. 安徽省畜牧技术推广总站,安徽合肥 230001)

摘要:为探究胆固醇(CHL)和磷脂酰胆碱(PC)对山羊精液冷冻保存效果,分别在精液冷冻稀释液中添加不同浓度的 CHL(1.0、2.5、5.0、10.0 g/L)、PC(10、15、20、25 g/L),以 15% 卵黄(EY)作为对照。通过测定冷冻解冻后精子的活力、顶体完整率、精子运动参数、质膜完整率、精子磷脂和胆固醇含量来判断保存效果。结果表明,精液冷冻显著降低山羊精子磷脂和胆固醇含量,分别添加 5 g/L CHL 和 10 g/L PC,精子冷冻解冻后,在活力、顶体完整率、质膜完整率和运动参数与对照组差异不显著。进一步将 CHL 和 PC 混合添加发现,4 g/L CHL + 16 g/L PC 解冻后精子活力、曲线速率、平均路径速度和顶体完整率均显著高于对照组($P < 0.05$),且可以改善冷冻后精子磷脂和胆固醇含量。运用 4 g/L CHL + 16 g/L PC 冷冻保存精子进行山羊人工授精,其受胎率和产仔率与 EY 组差异不显著,冷冻稀释液中添加 4 g/L CHL + 16 g/L PC 显著提高山羊精液冷冻保存效果。

关键词:山羊;精液;冷冻保存;胆固醇;磷脂酰胆碱

中图分类号:S827.3⁺4 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2022)14-0159-07

精液冷冻保存技术可提高优秀种公畜的利用效率,加快品种改良步伐,便于精液长途运输,降低疾病传播风险。但不同物种间精子的冷冻保存效

果仍有很大差异,这主要与精子的大小、性状、蛋白和脂质成分有关^[1]。因此,冷冻保存技术和精液稀释液是影响精液冷冻保存的关键因素^[2-3]。国外对山羊精液冷冻保存技术的研究始于 20 世纪^[4]。我国开展山羊冷冻保存研究较晚,至目前为止山羊精液冷冻保存效率仍普遍偏低,不同冷冻方法之间冻存效果差异较大,这限制了我国山羊冻精人工授精的应用和推广。

卵黄是精液冷冻最常用的保护剂^[5],其广泛用于牛、羊等精子冷冻保护液^[3,6]。然而,卵黄也存在较多缺陷,其中,卵黄中含有较多微生物,可产生内

收稿日期:2021-09-09

基金项目:安徽省中央引导地方科技发展专项(编号:202007d06020005);
安徽省科技重大专项(编号:202103b06020003);临泉县 2021 年度
“肉羊产业+金融+科技”发展试点科技项目(编号:LQRJK2021-02);亳州市科技重大专项(编号:BZSKXJSJ2020-62)。

作者简介:胡家达(1997—),男,河南信阳人,硕士研究生,主要从事动物生殖生理相关研究。E-mail:1778686466@qq.com。

通信作者:李运生,博士,副教授,主要从事动物生殖生理相关研究。
E-mail:lys@ahau.edu.cn。

[15] 杜建芳,廖祥儒,叶步青,等. 光质对油菜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 植物学通报,2002,37(6):743-745.

[16] 周国泉,吴家森,汪小刚. 三色发光二极管组合灯补光对生菜生长及光合特性的影响[J]. 长江蔬菜,2010(4):30-33.

[17] 郑洁,胡美君,郭延平. 光质对植物光合作用的调控及其机理[J]. 应用生态学报,2008,19(7):1619-1624.

[18] 任桂萍,王小菁,朱根发. 不同光质的 LED 对蝴蝶兰组织培养增殖及生根的影响[J]. 植物学报,2016,51(1):81-88.

[19] 曲溪,叶方铭,宋杰琼,等. LED 灯在植物补光领域的效用探究[J]. 灯与照明,2008,32(2):41-45.

[20] Matsuda R, Ohashi - Kaneko K, Fujiwara K, et al. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light[J]. Plant and Cell Physiology, 2004, 45(12):1870-1874.

[21] 张丽红,宋阳,张之为,等. 长期增施 CO₂ 条件下黄瓜叶片淀粉积累对光合作用的影响[J]. 园艺学报,2015,42(7):1321-1328.

[22] 李清明,刘彬彬,艾希珍. CO₂ 浓度倍增对于旱胁迫下黄瓜幼苗膜脂过氧化及抗氧化系统的影响[J]. 生态学报,2010,30(22):6063-6071.

[23] 赵天宏,王美玉,张巍巍,等. 大气 CO₂ 浓度升高对植物光合作用的影响[J]. 生态环境,2006,15(5):1096-1100.

[24] 吴家森,胡君艳,周启忠,等. LED 灯补光对萝卜生长及光合特性的影响[J]. 北方园艺,2009(10):30-33.

[25] Wei Z H, Du T S, Li X N, et al. Interactive effects of elevated CO₂ and N fertilization on yield and quality of tomato grown under reduced irrigation regimes[J]. Frontiers in Plant Science, 2018, 9:328.