

CO₂ 加富和短期昼间亚高温对温室嫁接黄瓜植株生长和光合作用的影响

刘金泉, 严海欧, 张清梅, 候佳

(内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109)

摘 要:以温室嫁接黄瓜为试材, 设亚高温、CO₂ 加富+亚高温、CO₂ 加富+常温 3 个处理, 以常温管理为对照(CK), 研究了 CO₂ 加富和短期昼间亚高温对植株长势、产量和光合作用的影响, 以期在温室黄瓜生产中合理施用 CO₂、调控温度提供理论依据。结果表明:各处理对嫁接黄瓜的株高、茎粗、单瓜生长速度和产量均有显著影响, 处理 25 d 后 CO₂ 加富+亚高温处理在株高、茎粗、瓜长和瓜粗生长速度及产量上, 分别显著高于对照 37%、19%、15%、21%和 38%, CO₂ 加富+常温处理除瓜长、瓜粗生长速度与亚高温+CO₂ 处理差异不显著外, 其余均显著低于亚高温+CO₂ 处理, 各指标均显著高于亚高温处理和对照。CO₂ 加富+亚高温处理、CO₂ 加富+常温处理和 CK 对黄瓜叶片净光合速率日变化影响均呈双峰曲线, 高峰值分别在 10:00 和 14:00 时, 其中在 10:00 时, 各处理的净光合速率为 CO₂ 加富+亚高温>CO₂ 加富+常温>CK>亚高温, 亚高温处理的黄瓜叶片净光合速率日变化影响均呈单峰曲线;各处理对黄瓜叶片蒸腾速率日变化影响呈现先升高后降低的趋势, 在 12:00 左右达到最高值, 蒸腾速率分别为 CO₂ 加富+亚高温>常温+CO₂ 加富>亚高温>CK;黄瓜叶片的胞间 CO₂ 浓度随着时间的变化呈先降低后升高、再降低后升高的“W”趋势。

关键词:嫁接黄瓜;CO₂ 加富;昼间亚高温;生长;光合速率

中图分类号:S 642.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)15-0050-05

黄瓜(*Cucumis sativus* L.)起源于亚热带, 属于喜温性植物, 是设施栽培中经济效益较高的一种蔬菜作物^[1]。目前普遍采取嫁接技术, 可有效降低黄瓜病害、改善果实品质和提高产量^[2]。在我国北方, 黄瓜栽培模式通常采用温室越夏栽培, 可充分利用丰富的光照资源, 延长收获季节, 提高黄瓜产量和设施的利用率^[3];然而黄瓜生长最适温度 25~32℃, 不耐高温, 越夏温室栽培由于高温引起细胞大量失水, 进而引起代谢异常, 使植株逐渐受害^[4], 高温胁迫能使黄瓜产量显著下降^[5]。蔬菜作物的产量 90%~95%由光合作用制造, CO₂ 是植物光合作用的底物, CO₂ 浓度直接影响蔬菜作物光合产物的形成及产量与品质, 在有效的 CO₂ 浓度范围内, 作物光合强度随 CO₂ 浓度的升高而增大^[6]。在设施栽

培环境中, CO₂ 浓度对作物产量的影响非常大^[7], 而光合作用对温度的影响则最敏感;CO₂ 浓度升高可通过抑制光呼吸提高净光合效率^[8];在增施 CO₂ 条件下, 冬季保护地黄瓜叶片净光合速率高于对照区^[9], 长期 CO₂ 加富和高温条件下黄瓜叶片的光合速率高于对照 38.83%^[10]。

在温室黄瓜生产中, 春末至秋初经常出现短期 35~40℃的亚高温天气, 对黄瓜的生长发育造成影响;同时由于光照充足、光合作用旺盛, CO₂ 亏缺更为严重;通风降温与闭棚 CO₂ 加富的矛盾突出。因此, 该试验以温室嫁接黄瓜为试材, 在亚高温条件下进行 CO₂ 加富, 探讨 CO₂ 加富、短期亚高温对嫁接黄瓜植株生长和光合作用的影响, 以期在温室黄瓜在高温季节高产优质栽培提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以嫁接黄瓜为试材, 接穗为“津春四号”黄瓜、砧木

第一作者简介:刘金泉(1971-), 男, 硕士, 副教授, 研究方向为设施蔬菜栽培。E-mail:liujinquanzyl997@sohu.com

基金项目:内蒙古自治区自然科学基金资助项目(2012MS0318)。

收稿日期:2016-04-20

为“姿三四郎”南瓜。

1.2 试验方法

试验于 2013—2014 年在内蒙古农牧业科技园区温室内进行,4 月 2 日播种,接穗采用穴盘、砧木采用营养钵育苗。4 月 17 日采用靠接法进行嫁接。5 月 8 日定植,高垄覆膜栽培,株行距为 30 cm×50 cm。

试验共设 3 个处理,即亚高温(T_1)、 CO_2 加富+亚高温(T_2)、 CO_2 加富+常温(T_3),以常温管理为对照(CK)。各处理在同一温室内进行,相邻小区用双层塑料薄膜(间距 50 cm,作为缓冲)隔离。 CO_2 加富采用钢瓶释放法^[11],从黄瓜初花期开始施用,共施 25 d。各处理区面积为 30 m²,3 次重复。各处理区环境管理操作如下。亚高温处理(T_1):密闭温室至温度接近 40 ℃时放微风,调节通风口大小,使温度晴天稳定在 35~40 ℃,维持约 4 h,同时适当喷水降低温度并提高湿度;亚高温+ CO_2 加富处理(T_2):温度管理同 T_1 ,同时从上午 07:30—09:30 增施高浓度的 CO_2 (1 000~1 200 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$);常温+ CO_2 加富处理(T_3): CO_2 加富同 T_2 ,温度为常温管理模式,即每天 09:30 开始放微风,11:00—18:00 全放风;对照处理(CK):采取常规管理模式,每天 09:30—18:00 放风。

1.3 项目测定

每处理区随机选取 10 株,用米尺测定株高、游标卡尺测定茎粗,每 5 d 测定 1 次。每处理区选取生长节位较一致、处于膨瓜期的黄瓜 5 个,并做好标记,用游标卡尺测定瓜长、瓜粗。光合指标的测定采用美国 PP-Systems 公司生产的 Ciras-2 型光合仪,于 07:00—18:00 选取中间功能叶,每隔 1 h 测定 1 次。 CO_2 浓度、温度日变化,采用北京旗硕基业科技有限责任公司生产的旗硕“农用通”,选择晴或少云天气于 07:00—20:00 每 1 h 测定 1 次,重复测定 5 d,最后取平均值。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 对数据整理和制图,利用 SPSS 19.0 对试验数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 CO_2 加富、亚高温处理对 CO_2 浓度和温度日变化的影响

如图 1 所示,07:00 时 4 个处理的 CO_2 浓度基本相同,约为 450 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。之后随着 CO_2 加富,亚高温+ CO_2 加富处理的 CO_2 浓度升高,08:00—09:00 维持在 1 050 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,符合试验要求;09:30 时,常温+ CO_2 加富处理开始通风, CO_2 浓度开始下降;亚高温+ CO_2

加富处理,仍维持较高水平,约为 1 100 $\mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,09:30 以后,由于停止增施 CO_2 ,呈下降趋势。对照在 07:00—10:00 CO_2 浓度变化不大,之后呈下降趋势;亚高温处理在 07:00—10:00 CO_2 浓度相应高于对照约 45%,之后与对照变化趋势一致,说明亚高温处理的植物呼吸作用要高于对照,随着光合作用加强, CO_2 浓度降低;18:00 后光合作用减弱、呼吸作用增强,各处理区 CO_2 浓度均缓慢升高。

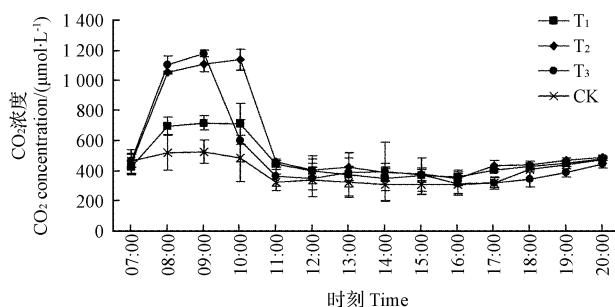


图 1 各处理对 CO_2 浓度日变化的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on diurnal change of CO_2 concentration

如图 2 所示,各个处理的温度随着时间变化均呈现出先增高后降低的趋势,其中亚高温+ CO_2 加富和亚高温处理在 11:00—15:00 维持在 35~40 ℃;常温+ CO_2 加富和对照处理在 10:00—14:00 维持 29.5~32.0 ℃,之后呈下降趋势。

由图 1、2 可知,标准偏差浮动不大,各处理的环境条件相对稳定,符合试验要求。

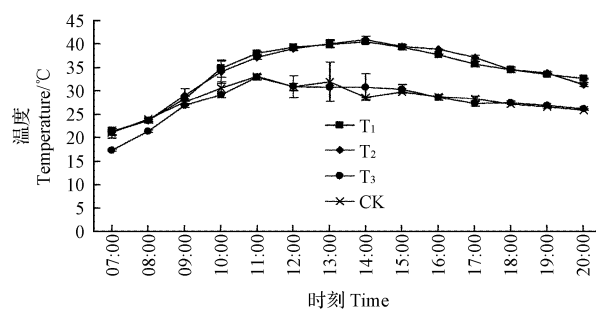
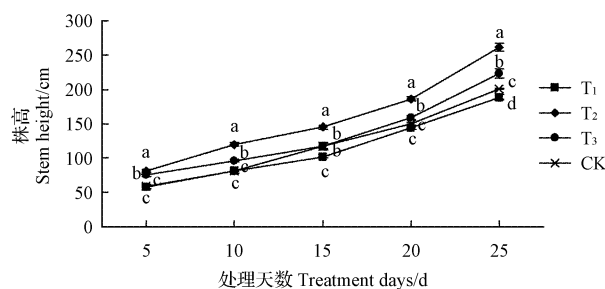


图 2 各处理对温度日变化的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on diurnal change of temperature

2.2 CO_2 加富、亚高温处理对株高和茎粗的影响

由图 3 可知,不同处理时间,各处理间对株高的影响均呈显著差异, CO_2 加富+亚高温处理对株高的影响均显著高于其余处理,处理 5、25 d 株高分别比对照增加



注:不同字母表示相同天数不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

下同。

Note: In the same treatment days, the different letters indicated significant difference among different treatments at 0.05 level. The same below.

图3 CO₂加富、亚高温处理对株高的影响

Fig. 3 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on stem height

了44%、37%;CO₂加富+常温处理对株高的影响显著低于CO₂加富+亚高温处理,显著高于亚高温处理和对照,处理5、25 d株高分别比对照增加了32%和19%。亚高温处理的株高低于对照,但有时差异不显著。

由图4进一步分析可知,在处理各时间中,CO₂加富+亚高温处理的茎粗均显著高于其余处理。处理5、25 d茎粗分别比对照增加了23%和19%。CO₂加富+常温处理显著低于亚高温+CO₂加富处理,显著高于亚高温处理和对照,处理5、25 d茎粗分别比对照增加了16%和10%。亚高温处理的茎粗低于对照,但有时差异不显著。由此可知,CO₂加富+亚高温处理显著促进嫁接黄瓜的株高和茎粗的生长,CO₂加富可缓解高温对植株生长的影响。

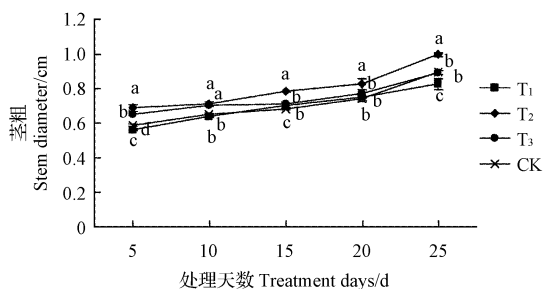
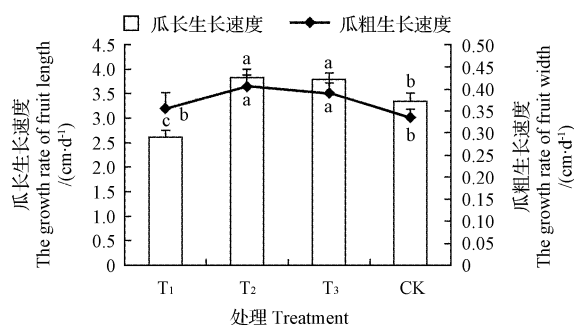


图4 CO₂加富、亚高温处理对茎粗的影响

Fig. 4 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on stem diameter

2.3 CO₂加富、亚高温处理对单瓜生长速度和产量的影响

由图5可知,各处理对黄瓜长度和粗度的平均生长



注:同列不同字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。

Note: Different letters in same line mean significant difference at $P < 0.05$.

图5 CO₂加富、亚高温处理对单瓜生长速度的影响

Fig. 5 Effect of sub-high temperature and

elevated CO₂ treatments on growth rate of single melon

速度呈显著影响。在瓜长平均生长速度上,CO₂加富+亚高温处理和CO₂加富+常温处理之间差异不显著,均显著高于CK,分别是对照的115%和113%;亚高温处理小区产量显著低于CK,是对照的78%。在瓜粗平均生长速度上,CO₂加富+亚高温处理和CO₂加富+常温处理之间差异不显著,均显著高于CK,分别是对照的121%和116%,亚高温处理和CK之间差异不显著,是对照的105%。

由图6可知,各处理对黄瓜产量呈显著影响。CO₂加富+亚高温处理小区产量显著高于其余处理,是对照的138%;CO₂加富+常温处理显著低于亚高温+CO₂处理,显著高于亚高温处理和对照,是对照的116%;亚高温处理显著低于对照,是对照的78.9%。

由此可见,CO₂加富可显著促进黄瓜单瓜的生长速度,也显著提高了小区的产量。

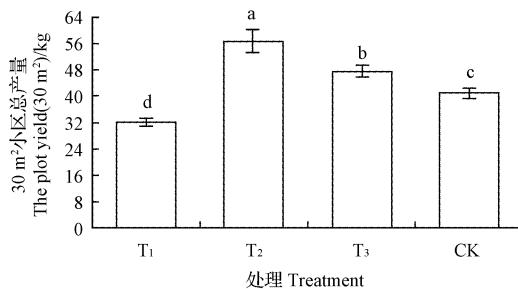


图6 CO₂加富、亚高温处理对产量的影响

Fig. 6 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on pot yield

2.4 CO₂加富、亚高温处理对黄瓜叶片光合特性的影响

2.4.1 对黄瓜叶片净光合速率的影响 如图7所示,

CO₂ + 亚高温、CO₂ + 常温和对照处理均呈双峰曲线,亚高温处理呈单峰曲线。07:00—11:00 随着温度和光强的升高,各处理的净光合速率逐渐增强,10:00 前后达到高峰,之后下降,14:00 左右又出现一个小高峰。在 10:00 左右,各处理的净光合速率为 CO₂ + 亚高温 > CO₂ + 常温 > CK > 亚高温,其中 CO₂ + 亚高温、CO₂ + 常温和亚高温的净光合速率分别是对照的 145.6%、128.1%和 84.7%;在 14:00 时,各处理的净光合速率为 CO₂ + 亚高温 > CO₂ + 常温 > CK > 亚高温。由此可见,亚高温降低了黄瓜叶片的净光合速率,CO₂ 浓度的升高有利于黄瓜叶片的净光合速率的增强,CO₂ 加富 + 亚高温比 CO₂ 加富 + 常温更有利于净光合速率的提高。

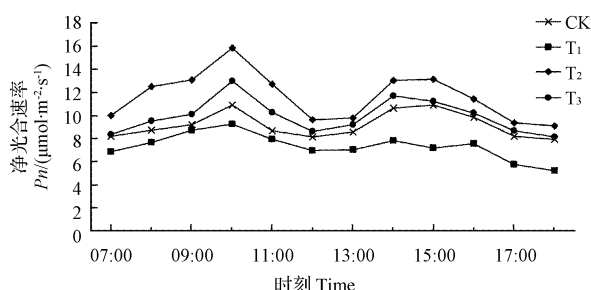


图 7 CO₂ 加富、亚高温处理对净光合速率的影响

Fig. 7 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on diurnal change of net photosynthetic rate (P_n) of cucumber leaf

2.4.2 对黄瓜叶片蒸腾速率的影响 蒸腾作用是植物体内水分吸收与运输的主要环节,当植物遭受到逆境胁迫时,常常降低蒸腾速率,缩小细胞内水分饱和差与大气水分饱和差之间的梯度,抵抗或降低水分胁迫的影响,保证体内水分的有效利用。各处理对黄瓜叶片蒸腾速率日变化影响如图 8 所示,呈现出先升高后降低的趋势,在 12:00 左右达到最高值,各处理的蒸腾速率为 CO₂ + 亚高温 > CO₂ + 常温 > 亚高温 > CK, CO₂ + 亚高温、CO₂ + 常温和亚高温的蒸腾速率分别是对照的 164.1%、142.9.0%和 117.1%。这是由于蒸腾速率随着环境温度的不断升高也呈上升趋势,但超过最适温度,蒸腾速率会下降。从图 8 可以看出,CO₂ 加富 + 亚高温、CO₂ 加富 + 常温和亚高温的蒸腾速率,在 16:00 略有回升,这可能与 15:00 时净光合速率出现一个高峰,光合作用加强,使得胞间 CO₂ 浓度降低,气孔阻力减小,蒸腾作用增强,从而增强了气体的交换有关,干物质积累增加。

2.4.3 对黄瓜叶片胞间 CO₂ 浓度的影响 如图 9 所示,黄瓜叶片的胞间 CO₂ 浓度随着时间的变化呈现先降低后升高、再降低后升高的趋势。随着净光合速率的升

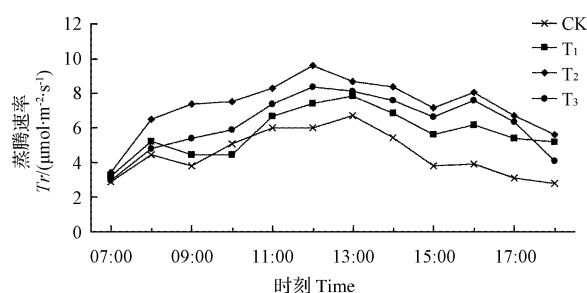


图 8 CO₂ 加富、亚高温处理对蒸腾速率的影响

Fig. 8 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on diurnal change of transpiration rate (T_r) of cucumber leaf

高,消耗的 CO₂ 增多,胞间 CO₂ 浓度降低,在 11:00 左右达到最低值,各处理随着净光合速率“午休”现象而上升,在 13:00 左右达到最高值,之后在光合速率的第 2 个峰值时又呈现出下降趋势,在 14:00—15:00 又出现第 2 个低峰值,之后呈上升趋势。CO₂ 加富 + 亚高温和 CO₂ 加富 + 常温处理的全天叶片胞间 CO₂ 浓度均高于亚高温处理和对照。

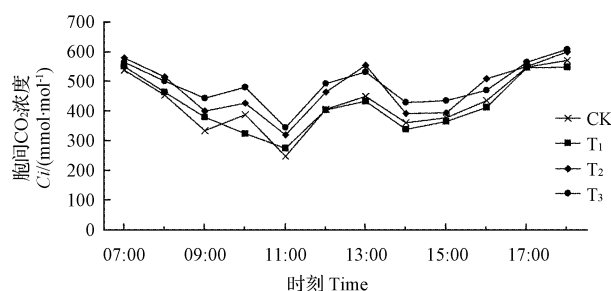


图 9 CO₂ 加富、亚高温处理对胞间 CO₂ 浓度的影响

Fig. 9 Effect of sub-high temperature and elevated CO₂ treatments on diurnal change of CO₂ concentration (C_i) of cucumber leaf

3 结论与讨论

植物的光合作用受到很多环境因素的影响,其中 CO₂ 作为光合作用的底物,其含量对光合作用有很大影响^[12]。该试验结果表明,小区产量、株高、茎粗,CO₂ 加富 + 亚高温处理和 CO₂ + 常温处理均显著高于对照,净光合速率、胞间 CO₂ 浓度,CO₂ 加富 + 亚高温 > CO₂ + 常温 > CK > 亚高温;黄瓜叶片净光合速率日变化呈双峰曲线,中午呈现光合作用的“午休”现象,高温处理的净光合速率呈单峰曲线,说明净光合速率在一定程度上反映了作物的生长状况,其值越大,同化物积累越多,则作物的生长发育越快,经 CO₂ 加富后,其胞间 CO₂ 浓度有所提高,能改善植株的光合特性。在常温下加富 CO₂ 处理与对照相比,株高、茎粗、产量、光合速率也有所提高,

但是远没有有在 CO₂ 加富+亚高温条件下提高的明显;单纯的高温处理会降低黄瓜叶片的净光合速率,影响植株的生长,这与潘璐等^[13]、马博等^[14]结论相似。说明 CO₂ 加富和亚高温结合对光合速率的增加效果要比单纯 CO₂ 加富效果明显。因此,在亚高温条件下增加 CO₂ 的浓度,不仅能缓解亚高温的危害,还可以有效促进黄瓜叶片的光合作用,从而促进植株生长、增加黄瓜产量。

参考文献

- [1] 山东农业大学. 蔬菜栽培学各论[M]. 2版. 北京:中国农业出版社, 1990:185-209.
- [2] 郭孟报,杨明金,刘斌,等. 我国蔬菜育苗产业现状及发展动态[J]. 农机化研究, 2015(1):250-253.
- [3] 王玉静,崔世茂,方浩,等. CO₂ 加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗质膜透性和保护酶活性的影响[J]. 华北农学报, 2012, 27(1):159-163.
- [4] 李合生. 现代植物生理学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社, 2002:348-349.
- [5] 孟令波. 高温对黄瓜产量的影响[J]. 北方园艺, 2004(3):28-30.
- [6] 赵冠艳,朱世东,李东林,等. CO₂ 加富处理甜瓜幼苗光合特性的研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(12):103-105.
- [7] 曹红红,张颖,张翠梅,等. 我国温室大棚增施 CO₂ 气肥有关问题分析[J]. 北方园艺, 2001(6):1-3.
- [8] VU J C V, ALLEN L H. Growth at elevated CO₂ delays the adverse effects of drought stress on leaf photosynthesis of the C4 sugarcane[J]. Journal of Plant Physiology, 2008, 166(2):107-116.
- [9] 李远新,陈殿奎. 保护地黄瓜对增施 CO₂ 的生理生态效应[J]. 沈阳农业大学学报, 2010, 31(1):86-88.
- [10] 潘璐,崔世茂,宋阳,等. 长期加富 CO₂ 条件下温室黄瓜光合作用对高温的应答机理[J]. 北方园艺, 2015(16):1-6.
- [11] 马俊. 日光温室黄瓜肥水气一体化施用技术的研究[D]. 北京:中国农业科学院, 2012.
- [12] 陈铁柱,蒋舜媛,孙辉,等. 羌活光合作用日变化及其与生理生态因子的关系[J]. 西北植物学报, 2010, 30(3):557-563.
- [13] 潘璐,刘杰才,李晓静,等. 高温和加富 CO₂ 温室中黄瓜 Rubisco 活化酶与光合作用的关系[J]. 园艺学报, 2014, 41(8):1591-1600.
- [14] 马博,崔世茂,张之为,等. 高温、CO₂ 加富对温室嫁接黄瓜形态特征、净光合速率和 Rubisco 活化酶活性的影响[J]. 内蒙古农业大学学报, 2013, 34(3):32-39.

Plant Growth and Photosynthesis of Grafted Cucumber in Greenhouse Under Sub-High Temperature and Elevated CO₂ in Short Term Daytime

LIU Jinquan, YAN Hai'ou, ZHANG Qingmei, HOU Jia

(College of Vocational and Technical, Inner Mongolia Agricultural University, Baotou, Inner Mongolia 014109)

Abstract: In this experiment, grafted cucumber was used as the test material. There were 3 treatments, including sub-high temperature, sub-high temperature+CO₂, normal temperature+CO₂ and taking normal temperature as CK. In order to provide theoretical basis for the reasonable application of CO₂ and control temperature in the facility cultivation, the effect of rich and short term daytime sub-high temperature CO₂ of grafted cucumber plant growth, yield and photosynthesis was studied. The results showed that the plant height, stem diameter, growth rate and yield of grafted cucumber were significantly influenced in different treatment time. In the plant height, stem diameter, single melon growth rate, single fruit diameter growth rate and yield, the treatment of sub-high temperature+CO₂ were significantly higher than that of CK, respectively was 37%, 19%, 15%, 21% and 38% after 25 days. Excepting of single fruit growth speed and diameter growth rate, the treatment of normal temperature+CO₂ was significantly lower than high temperature+CO₂. The treatment of normal temperature+CO₂ was significantly higher than those of the sub-high temperature and CK. The photosynthetic rate of sub-high temperature+CO₂, normal temperature+CO₂ and CK showed a double peak curve, the peak respectively at 10:00 and 14:00. At 10:00, the photosynthetic rate was sub-high temperature+CO₂>normal temperature+CO₂>CK>sub-high temperature. The diurnal variation of photosynthetic rate under sub-high temperature showed a single peak curve. The diurnal variation of transpiration rate showed the trend of first increasing and then decreasing, reaching the highest value at 12:00, and the transpiration rate was CO₂+sub-high temperature>CO₂+normal temperature>sub-high temperature>CK. The intercellular CO₂ concentration of cucumber leaves under all the treatments decreased firstly and then increased, then decreased and then increased with the trend of 'W'.

Keywords: grafted cucumber; CO₂ enrichment; sub-high temperature; growth; photosynthetic rate