

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

王玉静¹, 崔世茂¹, 方浩¹, 刘杰才¹, 杨志刚¹, 付崇毅¹, 陈源闽²

(1. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农牧业科学院, 内蒙古 呼和浩特 010031)

摘要:通过 CO₂ 加富、高温处理, 对温室嫁接黄瓜幼苗的细胞膜透性及保护酶活性等内在生理指标进行测定分析, 旨在为黄瓜抗热高产的理论提供理论依据。结果表明, 经高温处理, 嫁接黄瓜幼苗的质膜透性、脯氨酸(Pro)、丙二醛(MDA)含量明显增加, 且高于对照, 差异极显著; 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性均呈先增后减变化趋势, 变化极明显。CO₂ 加富、高温处理, 嫁接黄瓜幼苗的质膜透性、Pro、MDA 含量均呈先增后减的趋势, 在处理第 6 天低于对照; SOD、POD、CAT 活性均呈上升趋势, 且比高温处理要强。CO₂ 加富、常温处理, 温室嫁接黄瓜幼苗的质膜透性、Pro、MDA 含量均低于对照, SOD、POD、CAT 活性均高于对照, 且低于高温处理。说明增加 CO₂ 浓度, 有效地减弱了高温对嫁接黄瓜幼苗叶片引起的伤害, 提高了嫁接黄瓜植株防御高温的能力, 对温室嫁接黄瓜耐热性具有促进作用。

关键词:CO₂; 高温; 嫁接黄瓜; 质膜透性; 保护酶

中图分类号:S642.2 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)01-0159-05

Influence of Elevated CO₂ and High Temperature on the Permeability of Membrane and Protective Enzymes of Grafting Cucumber Seedlings in the Greenhouse

WANG Yu-jing¹, CUI Shi-mao¹, FANG Hao¹, LIU Jie-cai¹, YANG Zhi-gang¹,
FU Chong-yi¹, CHEN Yuan-min²

(1. Agronomy College of Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; 2. Vegetable Institute, Inner Mongolia Academy of Agriculture and Animal Husbandry, Huhhot 010031, China)

Abstract: By CO₂ enrichment, high temperature, greenhouse cucumber seedlings grafted membrane permeability and protective enzyme activities were measured indicators such as internal physiological analysis to the theoretical yield of cucumber heat and provide a theoretical basis. This study suggested that the permeability of membrane, proline content, malondaldehyde content of grafting cucumber seedlings in the greenhouse increased obviously with high temperature, and were higher than the contrast with statistical differences; SOD activity, POD activity, CAT activity increased at first but decreased later with significant modification; It showed a tendency with increase at first and decrease later of the permeability of membrane, proline content, malondaldehyde content of grafting cucumber seedlings in the greenhouse within high temperature and elevated CO₂, and was lower than the contrast at the sixth day of conduct; SOD activity, POD activity, CAT activity showed a tendency with increase and was greater compared with the zones of high temperature; the permeability of membrane, proline content, malondaldehyde content of grafting cucumber seedlings were lower than the contrast with elevated CO₂, SOD activity, POD activity, CAT activity were higher than the contrast but were lower than the zones of high temperature. From the data it is concluded that CO₂ enrichment not only receded the injury caused by the high temperature, but also could enhance the ability of the plants to resist high temperature, heat resistance of cucumber in greenhouse grafted have a catalytic effect.

收稿日期:2011-12-07

基金项目:国家自然科学基金项目(31060269); 内蒙古自然科学基金重点项目(200508010302)

作者简介:王玉静(1983-), 女, 内蒙古赤峰人, 在读硕士, 主要从事设施园艺及其抗性生理研究。

通讯作者:崔世茂(1961-), 男, 山西代县人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事设施园艺及其抗性生理研究。

Key words: CO₂; High-temperature; Grafting cucumber; Permeability of membrane; Protective enzymes

黄瓜 (*Cucumis sativus* L.) 是设施栽培的重要蔬菜作物,近年来,随着设施蔬菜产业的发展,黄瓜种植面积也不断加大。但在春夏之际,日光温室温度较高,黄瓜营养生长旺盛,会使产量降低和品质下降。因此,研究在高温下如何能够增产提质备受关注。前人对高温下黄瓜等蔬菜作物的生理变化进行了较多的研究。马德华、庞金安等^[1-3]研究表明,黄瓜幼苗在逆境环境低温或高温中过氧化物酶 (POD) 活性上升;低温锻炼后过氧化氢酶 (CAT) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 活性低于对照;高温锻炼后 CAT 和 SOD 活性高于对照。Xu Li 等^[4]研究表明,长期高温下黄瓜 POD 活性上升,SOD 活性低于对照,丙二醛 (MDA) 含量先高于对照后低于对照。综合来看,前人对高温下黄瓜生理方面的变化研究较多,而通过添加影响黄瓜生长其他因素研究高温下实现增产提质的较少。

本试验以温室嫁接黄瓜为试材,研究了 CO₂ 加富、高温对嫁接黄瓜细胞膜透性及保护酶活性等内在生理指标的变化,旨在探明其变化机理,从中找出高温、CO₂ 加富条件下温室黄瓜抗热高产的理论依据,为黄瓜高温栽培管理提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

本试验采用插接法嫁接黄瓜,接穗为津春四号黄瓜,砧木为云南黑籽南瓜。

1.2 试验设计

试验于 2009-2010 年在内蒙古农业大学农学院试验种植农场中进行。3 月 22 日播种育苗,砧木和接穗采用穴盘基质育苗方法。4 月 5 日对黄瓜进行嫁接,4 月 26 日定植。

本试验设 4 个处理,即高温处理 (A),CO₂ 加富、高温处理 (B),CO₂ 加富、常温处理 (C),对照 (CK)。高温处理 (A): 采取全封闭始终不放风的办法 (晴天达到 40~50℃,维持 3~4 h),超过 50℃ 时,适当喷水降低温度并提高湿度;CO₂ 加富、高温处理 (B): 采取全封闭始终不放风的办法 (晴天达到 40~50℃,维持 3~4 h),超过 50℃ 时,适当喷水降低温度并提高湿度,同时全天增施高浓度的 CO₂ (1 000~1 500 μL/L);CO₂ 加富、常温处理 (C): 采取增施高浓度的 CO₂ (1 000~1 500 μL/L),方法为每天 7:00-10:00 闷棚增施 CO₂,10:00 开始微放风,11:00-17:00 时全放风;对照处理 (CK): 采取常规的黄瓜管理模式,

即每天 9:00-17:00 放风。试验中加富 CO₂ 方法为使用稀 H₂SO₄ 与 NaHCO₃ 反应以增施 CO₂ 气肥,通过温室容积计算用量,达到处理所需浓度。

试验采用完全区组排列,4 个处理,每个处理小区面积为 30 m²,3 次重复。各处理均采用双行垄作种植,行距 50 cm,株距 40 cm。5 月 1 日开始增施 CO₂。

1.3 测定方法

黄瓜幼苗生长到四叶一心时,即 5 月 5 日开始每隔 3 d 取顶部第 2 片真叶测定各项指标,最终数据均为 3 次重复的平均值。

细胞膜透性采用 DDS-307 型数字电导仪测定,用电导率的相对比值表示;MDA 含量的测定采用 TBA 法;Pro 含量的测定采用茚三酮比色法;SOD 活性的测定采用 NBT 光还原法测定;CAT 活性、POD 活性的测定采用紫外吸收法^[5]。

2 结果分析

2.1 CO₂ 加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片细胞膜透性的影响

植株受到高温胁迫时,细胞膜会遭到破坏,膜透性增大,使细胞内的电解质外渗,可导致植物细胞浸提液的电导率增大。质膜透性的测定是植物抗性研究的生理指标之一。图 1 为不同处理条件下对温室嫁接黄瓜幼苗叶片细胞膜透性的测定结果。从图 1 可以看出,随着处理时间的延长,处理 A 的黄瓜叶片细胞膜透性呈现明显上升趋势,在处理 6 d 后显著高于 CK、处理 B 和处理 C 处理的第 9 天,其细胞膜透性较 CK 增加了 508.43%,经差异显著性测定,差异极显著;处理 B 的黄瓜叶片细胞膜透性则呈现

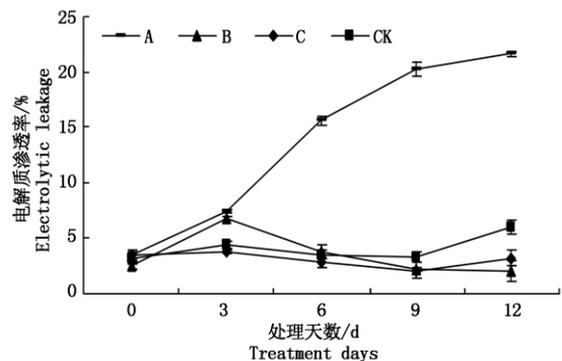


图 1 CO₂ 加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片质膜透性的影响

Fig. 1 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the permeability of membrane of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

先增后降的变化趋势,其中在处理第3天时明显高于CK,之后开始下降,到处理第9天,其细胞膜透性较CK降低了33.43%,差异极显著;处理C的黄瓜叶片细胞膜透性在整个处理期间一直低于CK,在处理第9天,其细胞膜透性较CK降低了36.75%,差异极显著;处理第9天,处理B与处理C的细胞膜透性,差异不显著;说明高温处理会使嫁接黄瓜叶片膜系统受到伤害,而加富CO₂处理与高温处理相结合可以有效地降低嫁接黄瓜叶片细胞膜伤害。

2.2 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片MDA含量的影响

图2为不同处理条件下嫁接黄瓜叶片MDA含量的测定结果,从图2可以看出,处理A嫁接黄瓜叶片MDA含量随着处理时间的增加呈现明显上升趋势,始终明显高于CK及处理B、C,到处理第9天,其MDA含量较CK增加了120.37%,经差异显著性测定,其差异达极显著水平;而处理B则呈先增后降的趋势,处理第3天,MDA含量明显高于CK和处理C,以后开始下降,第6天以后MDA含量明显低于CK和处理C,到第9天,其MDA含量比CK减少了39.40%,其差异达到极显著水平。处理C嫁接黄瓜叶片MDA含量在整个处理期间一直低于CK,到第9天,其MDA含量较CK减少了18.70%,差异达到极显著水平。处理B与处理C叶片MDA含量经差异显著性测定,在处理第9天,其差异达到极显著水平。

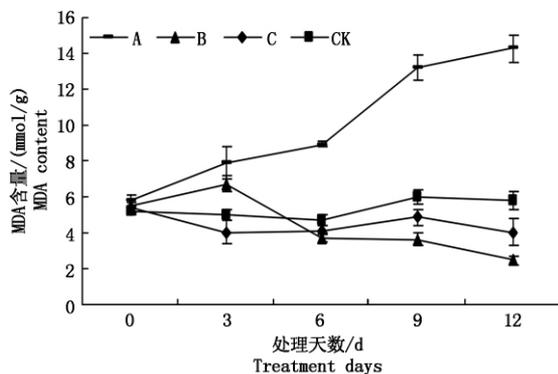


图2 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片MDA含量的影响

Fig. 2 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the malondialdehyde content of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

2.3 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片Pro含量的影响

图3为不同处理条件下嫁接黄瓜叶片Pro含量的测定结果,由图3可知,不同处理条件嫁接黄瓜叶片Pro含量不同。处理A嫁接黄瓜叶片Pro含量呈现明显上升趋势,在处理6d后明显高于CK及处理

B、C,到处理第9天,其叶片Pro含量较CK增加了24.36%,差异极显著;处理B叶片Pro含量呈现先增后降的趋势,在处理第3天时明显高于CK,之后开始下降,在处理第9天以后其叶片Pro含量明显低于CK和处理C,在处理第9天,其Pro含量比CK降低16.34%,差异极显著;处理C嫁接黄瓜叶片Pro含量在整个处理期间一直低于CK,在处理第9天,其Pro含量较CK减少了11.27%,差异极显著。处理B与处理C其叶片Pro含量经差异显著性测定,在处理第9天,其差异达到极显著水平。

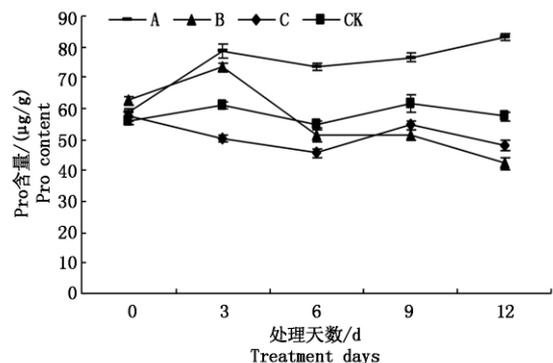


图3 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片Pro含量的影响

Fig. 3 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the proline content of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

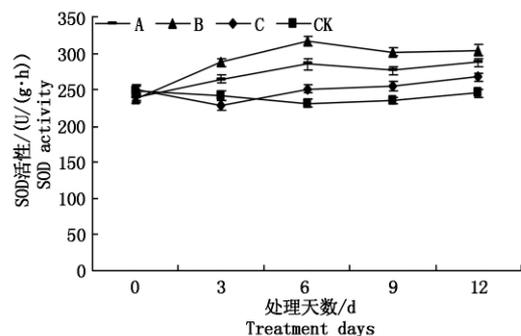


图4 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片SOD活性的影响

Fig. 4 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the SOD activity of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

2.4 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片SOD活性的影响

图4是不同处理条件下嫁接黄瓜叶片SOD活性的测定结果。从图4可以看出,处理A的SOD活性随处理时间的延长呈先增后减的趋势变化,在整个处理期间一直高于CK,到处理第9天,较CK增加了17.63%,差异极显著;处理B下,SOD活性随着处理时间的延长呈现先升后降的趋势变化,且在整个处理期间一直高于处理A和对照CK,到处理

第9天,较CK增加了28.57%,差异极显著;处理C的SOD活性随着处理时间的延长呈现先降后升的趋势变化,在处理第3天低于CK,之后开始升高,到处理第6天开始高于CK,低于处理A、B,到处理第9天,其SOD活性较CK提高了8.88%,差异极显著;在处理第9天,经差异显著性测定处理A与处理B间SOD活性,其差异达极显著水平。

2.5 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片CAT活性的影响

图5为不同处理条件下嫁接黄瓜叶片CAT活性变化的测定结果。由图5可以看出,处理A的CAT活性随处理时间的延长呈先升后降的趋势变化,且在处理第6天CAT活性达到最大值,之后开始下降,到第9天,其CAT活性较CK提高37.08%,差异极显著;处理B的CAT活性呈现一直上升趋势,始终明显高于处理A、C和对照CK,到处理第9天,其CAT活性较CK增加113.40%,差异极显著;处理C的CAT活性呈现先升后降的趋势变化,处理整个期间CAT活性一直高于CK;在第9天时较CK提高17.03%,差异极显著。

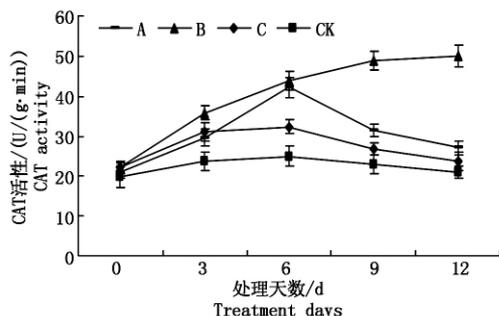


图5 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片CAT活性的影响

Fig.5 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the CAT activity of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

2.6 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片POD活性的影响

图6是不同处理条件下嫁接黄瓜叶片POD活性变化的测定结果。由图6可知,处理A的POD活性随处理时间的延长呈先升后降的趋势变化,到处理第6天,POD活性达到峰值,之后开始下降,到处理第9天时,其POD活性较CK升高29.84%,差异极显著;处理B的POD活性则随处理时间的延长而增加,且一直高于处理A、C及对照CK,到处理第9天时,其POD活性较CK升高71.95%,差异极显著;处理C的POD活性在处理第3天时低于CK,之后开始升高,在处理第9天高于CK,但差异不明显。

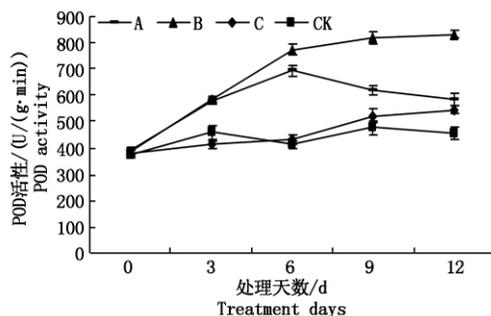


图6 CO₂加富、高温处理对温室嫁接黄瓜幼苗叶片POD活性的影响

Fig.6 The influence of elevated CO₂ and high temperature on the POD activity of grafting cucumber seedlings in the greenhouse

3 讨论

3.1 高温对细胞膜的伤害

高温胁迫导致嫁接黄瓜幼苗细胞膜受损,电解质渗透率增加,膜脂过氧化加剧,游离脯氨酸积累,活性氧发生变化而引起保护酶系相应的变化,这些损伤在本试验的高温处理中均有发生。在高温下增施CO₂使嫁接黄瓜植株通过提高体内抗氧化保护酶活性,来缓解所受到的伤害,甚至改变嫁接黄瓜植株幼苗生长现状。

MDA是植物组织在逆境中所产生的活性氧引起膜脂降解和脂质过氧化的产物,其含量表明脂质过氧化程度^[6]。本试验研究结果表明,高温处理时,MDA含量显著增加,质膜透性显著上升,这与马德华、李敏等^[1,2,7]的研究结果相似。而CO₂加富、常温处理MDA的含量、质膜透性明显低于对照,这与王彦丽等^[8]的研究结果相似。表明在CO₂加富的情况下,膜系统受损程度相对较轻。MDA含量越少,其细胞膜受伤害程度就越小,抗热性也就越强。在CO₂加富、高温处理中,MDA含量呈先增后减的变化趋势,体现了MDA和黄瓜的耐热性呈负相关^[9]。

3.2 高温胁迫下Pro的渗透调节作用

Pro是植物细胞质中一种游离氨基酸,在胁迫条件下,Pro积累的数量可作为衡量作物抗逆境的生理指标,其具有调节渗透及保护细胞膜结构稳定的作用^[10]。本试验研究结果表明,高温处理下,嫁接黄瓜叶片Pro含量均随胁迫温度升高而上升,这与刘英迪、李海涛等^[11-12]研究结果类似,可能因为Pro的水合能力较强,高温使水分减少,水分亏缺时积累的游离Pro可作为一种溶质来调节细胞水分环境的变化^[13]。CO₂加富、常温处理Pro含量一直低于对照水平,而在CO₂加富、高温处理区,Pro含量呈

先增后减的趋势变化,即处理前期高于CK,处理后期则低于CK,显示出逆境胁迫越强,Pro积累量就越强。

3.3 高温胁迫下酶防御系统的作用

植物酶防御系统,如SOD、CAT、POD等具有清除自由基的能力,是植物耐热性生理基础之一^[9]。本试验研究结果表明,高温处理下SOD活性、CAT活性、POD活性明显高于对照,这与吴国胜在大白菜、李敏在菠菜及Xu Li等^[4,7,14]的研究结果一致,说明细胞膜受到破坏越严重,保护酶的活性降低的程度越大。在CO₂加富、常温处理区,保护酶活性随处理时间增加而高于对照,其结果同王彦丽^[8]在切花菊上的研究结果一致。在CO₂加富、高温下保护酶活性均强于对照,这与何晓明、刘金泉等^[3,15]研究结果相似,说明CO₂加富、高温下嫁接黄瓜清除自由基的能力最强,对高温下的嫁接黄瓜有一定的自我保护能力。

3.4 增施CO₂减轻高温伤害的机理

植物在长时间高温胁迫下,体内活性氧积累超过正常水平,抗氧化酶类活性大幅度的下降,植物自身的调节能力减弱,内源抗氧化酶系统清除活性氧、防止膜脂过氧化作用的能力下降,使其自身受到伤害。增加CO₂可以避免气孔关闭,增加蒸腾,降低叶片温度,同时促进光合作用,光合作用是耗能(吸热)的过程,促进温室嫁接黄瓜叶片中积累的光合产物—淀粉的降解,防止淀粉在叶片中积累毒害引起老化,减轻温室嫁接黄瓜的“午休”现象的趋势^[16],并且促进了温室嫁接黄瓜根系细胞组织导管及分生组织发达,细胞个体增大,细胞壁变薄,吸收能力增强^[17]。当CO₂加富与高温共同作用时,CO₂加富的促进作用大于高温对嫁接黄瓜植物的伤害作用,整体表现为协同作用。在高温胁迫时,与大气CO₂浓度相比,高CO₂浓度下植物体内SOD、POD和CAT活性在一定程度提高,有助于减轻自由基对细胞膜的伤害,膜透性减小,细胞内的电解质外渗率降低,使嫁接黄瓜植株生长更加茂盛。

4 结论

增加大气CO₂浓度,有效地减弱了高温对嫁接黄瓜幼苗叶片引起的伤害,提高嫁接黄瓜植株防御高温的能力。增施CO₂对温室嫁接黄瓜耐热性具有促进作用。

参考文献:

- [1] 马德华,庞金安,霍振荣,等. 高温对黄瓜幼苗膜质过氧化作用的影响[J]. 西北植物学报, 2000, 20(1): 141-144.
- [2] 马德华,庞金安,李淑菊,等. 温度逆境锻炼对高温下黄瓜幼苗生理的影响[J]. 园艺学报, 1998, 25(4): 350-355.
- [3] 何晓明,林毓娥,胥清华,等. 高温对黄瓜幼苗生长、脯氨酸含量及SOD酶活性的影响[J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2002, 20(1): 30-33.
- [4] Xu Li, Li Zhi-ying. Physiological and Biochemical Responses of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) under Prolonged High Temperature [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2009, 30: 1238-1245.
- [5] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2000.
- [6] Chandra A, Dubey A. Evaluation of genus *Cenchrus* based on malondialdehyde, proline content, specific leaf area and carbon isotope discrimination for drought tolerance and divergence of species at DNA level [J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2008, 30: 53-61.
- [7] 李敏,王维华,王然,等. 高温胁迫对菠菜叶片保护酶活性和膜透性的影响[J]. 园艺学报, 2004, 31(1): 99-100.
- [8] 王彦丽,黄至喆,孙瑞,等. 高浓度CO₂对切花菊瓶插品质、生理及结构特征的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(21): 4463-4472.
- [9] 孟令波,李淑敏. 高温胁迫对黄瓜生理、生化过程的影响[J]. 哈尔滨学院报, 2003, 24(10): 121-125.
- [10] 汤章诚. 逆境条件下植物脯氨酸积累及其可能的意义[J]. 植物生理学通讯, 1984(1): 15-21.
- [11] 刘应迪,李和平,肖冬林. 高温胁迫下藜类植物游离脯氨酸含量的变化[J]. 吉首大学学报, 2001, 22(1): 1-3.
- [12] 李海涛. CO₂加富条件下,高温处理对温室黄瓜生理生化反应及解剖构造的影响[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2009.
- [13] Aspinnall D, Pateg L G. Proline Accumulation: Physiological Aspects, The physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plant [M]. New York: Academic Press, 1981: 205-211.
- [14] 吴国胜,曹婉虹,王永健,等. 细胞膜热稳定性及保护酶和大白菜耐热性的关系[J]. 园艺学报, 1995, 22(4): 353-358.
- [15] 刘金泉,崔世茂,尹春,等. CO₂施肥条件下高温对黄瓜生长及理化特性的影响[J]. 北方园艺, 2009(1): 6-9.
- [16] 王红彬,崔世茂,王明喜,等. CO₂施肥条件下高温对温室黄瓜光合性能的影响[J]. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2007, 28(2): 114-118.
- [17] 赵恒栋,崔世茂,李明. CO₂加富条件下高温高湿对温室黄瓜根系生长的影响[J]. 吉林农业, 2010(11): 66-67.