

# 秸秆反应堆对温室环境及嫁接茄子耐冷生理的影响

张清梅, 胡云, 李明

(内蒙古农业大学 职业技术学院, 内蒙古 包头 014109)

**摘 要:**以嫁接茄子为试材,采用内置式秸秆反应堆方法,研究了在不同秸秆使用量条件下秸秆反应堆对温室环境及嫁接茄子耐冷生理指标的影响。结果表明:以 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理表现最优,与对照相比温室内气温和地温分别提高了 1.35~3.38 ℃ 和 1.54~1.92 ℃,CO<sub>2</sub> 浓度提高了 168~233 μL·L<sup>-1</sup>;此外,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理显著增强了茄子叶片超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶等保护酶的活性,提高脯氨酸、可溶性糖等保护性物质含量,降低茄子叶片丙二醛含量,并且显著提高根系活力。综合来看,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 的秸秆反应堆能够改善温室环境条件,增强茄子耐低温性能,具有很好的推广应用价值。

**关键词:**秸秆反应堆;茄子;嫁接;低温

**中图分类号:**S 141.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)24-0015-04

茄子(*Solanum melongena* L.)是设施栽培的一种重要的喜温性蔬菜,种植面积较大。但在北方冬季生产过程中,由于温度低,光照弱,在温室越冬种植茄子较为困难<sup>[1-2]</sup>。近年来,北方地区日光温室面积的不断扩大,设施栽培茄子种植面积也相应的增大,研究和集成日光温室茄子越冬种植模式和技术对于提高农民的种植效益具有重要意义。前人对此进行了较多的种植模式和技术的研究和改进<sup>[3-4]</sup>。高青海等<sup>[2]</sup>研究认为,通过使用抗冷性较强的砧木进行嫁接,可以有效提高茄子根系活力从而增强抗冷性。众多研究表明通过在温室使用秸秆反应堆技术,可以提高温室地温和增加 CO<sub>2</sub><sup>[5-6]</sup>。该试验以嫁接茄子为材料,采用内置式秸秆反应堆技术,通过控制不同秸秆量研究不同秸秆量秸秆反应堆技术对温室环境和嫁接茄子抗寒生理方面的影响,以期为北方地区日光温室嫁接茄子生产提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试茄子品种为‘cm5’卵形茄,由包头农业科学院研制;砧木为“托鲁巴姆”。

### 1.2 试验方法

试验于 2014 年 6 月 25 日至 12 月 30 日在内蒙古农业大学职业技术学院科研实习基地温室内进行,温室跨度为 8 m,脊高 4.2 m。2014 年 6 月 25 日播种砧木育

苗,7 月 15 日播种接穗育苗,8 月 10 日进行嫁接,9 月 22 日定植。12 月 1 日开始测定温室环境指标,每隔 10 d 测定 1 次;12 月 20 日测定生理指标。

试验秸秆反应堆秸秆使用量设 3 个水平,667 m<sup>2</sup> 添加玉米秸秆量分别为 2 500 kg(A)、4 500 kg(B)、6 500 kg(C),以不添加秸秆处理为对照(CK),每处理 3 次重复。每小区 2 个栽培畦,采用起垄栽培,垄距 40 cm,垄宽 60 cm,株距为 50 cm,每 667 m<sup>2</sup> 定植茄子 2 500 株左右。不同秸秆量处理区用塑料膜隔开,测定不同处理间温湿度等指标,玉米秸秆施用方法按照行间内置式反应处理<sup>[6]</sup>。

### 1.3 项目测定

**1.3.1 温室环境指标的测定** 温室气温和湿度采用 ZDR-20 温湿度记录仪(浙江大学)测定。地温采用地温计测定,CO<sub>2</sub> 浓度采用 GXH-3051C 植物光合测定仪测定。温室气温、湿度、地温和 CO<sub>2</sub> 浓度均在 12 月 1、10、20、30 日测定,测定期间每天 08:00—18:00 每 2 h 测定 1 次。气温、湿度和 CO<sub>2</sub> 浓度测定的位置为温室栽培垄上距离后墙 1.5 m,距离前方钢架 1.5 m 和栽培垄正中间上方 90 cm 处,地温测定位置为温室栽培垄上距离后墙 1.5 m,距离前方钢架 1.5 m 和栽培垄正中间地下 10、20、30 cm 测定,取均值。

**1.3.2 生理指标的测定** 可溶性糖含量用蒽酮比色法测定;可溶性蛋白质含量用考马斯亮法测定;丙二醛含量用硫代巴比妥酸反应比色法测定;脯氨酸含量以酸性茚三酮溶液做显色液比色测定;超氧化物歧化酶(SOD)活性用氮蓝四唑 NBT 还原法测定;过氧化物酶(POD)活性用愈伤木酚氧化法测定;根系电导率用 TM-03 笔形

**第一作者简介:**张清梅(1978-),女,硕士,讲师,现主要从事园艺植物栽培等研究工作。E-mail:zqm2002@163.com.

**收稿日期:**2016-07-19

电导率仪测定;过氧化氢酶(CAT)活性用紫外吸收法测定;根系活力用 TTC 法测定,以上生理指标参照张志良等<sup>[7]</sup>的方法。测定时间为 2014 年 12 月 20 日(外界最高气温为 $-5^{\circ}\text{C}$ ,最低气温为 $-18^{\circ}\text{C}$ ),此时期当地天气情况最为典型的表现是低温弱光,这种气候条件对温室蔬菜生产有很大的影响。各生理指标均从茄子顶端第 4 片功能叶进行测定,每小区取 3 片样品叶片,每处理重复 3 次,取平均值。

#### 1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2007 和 SAS 9.0 软件对试验数据进行处理分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同秸秆量处理对温室环境的影响

2.1.1 对温室气温的影响 由图 1 可知,在 08:00—14:00 不同秸秆量处理温室气温随着时间的推后气温均不断上升,在 14:00 时达到最高值,在 14:00—18:00 各处理气温逐渐降低。这主要是由于温室气温受光照影响。不同处理间,温室气温在各时段均表现  $C>B>A>CK$ ,其中以处理 C 在各时段温度最高,在 08:00 和 14:00 分别比对照处理高  $1.35^{\circ}\text{C}$  和  $3.38^{\circ}\text{C}$ 。

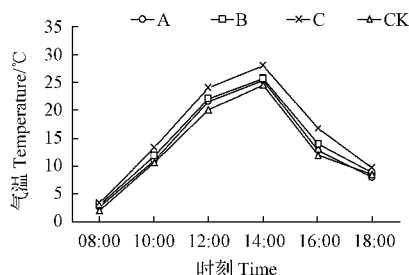


图 1 不同秸秆量处理对温室气温的影响

Fig.1 Effect of different straw amount treatments on air temperature of greenhouse

2.1.2 对温室空气湿度的影响 不同秸秆量处理下,温室的湿度在 08:00—10:00 和 18:00 差异均不大,均保持较高的湿度。在 12:00—16:00 各处理间温室湿度差异较大,表现为  $C>B>A>CK$ ,其中处理 C 湿度保持在

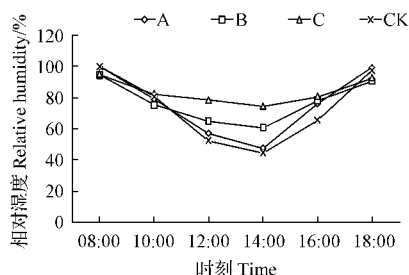


图 2 不同秸秆量处理对温室空气湿度的影响

Fig.2 Effect of different straw amount treatments on air humidity of greenhouse

74%以上。说明添加秸秆量较大的情况下,土壤含水量保持较高水平,在秸秆反应堆通气时会伴有水蒸气的散出,因此会使温室湿度增大。

2.1.3 对温室地温的影响 由图 3 可知,添加秸秆的处理在全天各时段对提高地温的效果比较明显,各处理地温在各时段均比对照高,其中处理 C 地温最高,在 08:00 比对照地温高  $1.54^{\circ}\text{C}$ ,与对照处理差距最大表现在 18:00,比对照提高  $1.92^{\circ}\text{C}$ 。说明在添加秸秆后,通过秸秆发酵及秸秆改变土壤物理性状可以适当提高地温。

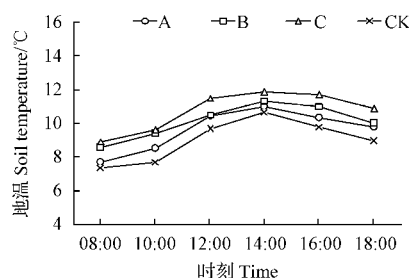


图 3 不同秸秆量处理对温室地温的影响

Fig.3 Effect of different straw amount treatments on soil temperature of greenhouse

2.1.4 对温室  $\text{CO}_2$  浓度的影响 由图 4 可知,各处理温室  $\text{CO}_2$  浓度含量均比对照处理高。此外,在不同时段温室  $\text{CO}_2$  浓度均随添加秸秆量的增加而增大。在 10:00 处理 C 与 CK 间差异最小为  $168 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ ,在 14:00 差异最大达  $233 \mu\text{L} \cdot \text{L}^{-1}$ 。可见通过添加秸秆可以有效提高温室  $\text{CO}_2$  浓度。

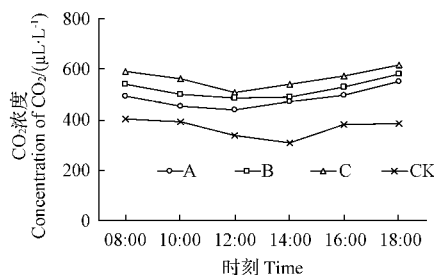


图 4 不同秸秆量处理对温室  $\text{CO}_2$  浓度的影响

Fig.4 Effect of different straw amount treatments on concentration of  $\text{CO}_2$  of greenhouse

### 2.2 不同秸秆量处理对茄子抗寒性生理指标的影响

2.2.1 对茄子叶片渗透调节物质的影响 由表 1 可知,各处理嫁接茄子叶片可溶性糖含量均比对照高,且各处理与对照间差异均达到显著水平( $P<0.05$ ),各处理间差异不显著。各处理间嫁接茄子叶片可溶性蛋白质含量差异不大,说明添加秸秆量多少与是否添加,对嫁接茄子叶片中可溶性蛋白质的含量影响不大。不同处理间茄子叶片脯氨酸含量表现为  $C>B>CK>A$ ,处理

表 1 不同秸秆量处理对茄子叶片渗透调节物质含量的影响

Table 1 Effect of different straw amount treatments on osmotic adjustment content in grafted eggplant leaf

处理 Treatment	可溶性糖含量 Soluble sugar content /%	可溶性蛋白质含量 Soluble protein content /(mg·g <sup>-1</sup> )	脯氨酸含量 Proline content /(μg·g <sup>-1</sup> )
A	1.58±0.09a	8.43±0.49a	195.11±13.36c
B	1.80±0.03a	8.29±0.32a	316.13±31.73b
C	1.59±0.12a	8.41±0.11a	440.49±69.24a
CK	1.13±0.10b	8.71±1.02a	260.02±20.52c

C、B显著高于处理 A 和 CK,处理 A 与 CK 间差异不显著。

2.2.2 对茄子叶片丙二醛含量和保护酶系的影响  
由表 2 可知,不同秸秆量处理下茄子叶片丙二醛含量

表 2 不同秸秆量处理对茄子叶片丙二醛和保护酶系的影响

Table 2 Effect of different straw amount treatments on protection enzyme and MDA in grafted eggplant leaf

处理 Treatment	丙二醛含量 MDA content/(μmol·g <sup>-1</sup> )	超氧化物歧化酶活性 SOD activity/(U·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> FW)	过氧化氢酶活性 CAT activity/(U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )	过氧化物酶活性 POD activity/(U·g <sup>-1</sup> ·min <sup>-1</sup> )
A	0.041±0.001b	291.70±28.51b	348.41±17.56a	2.16±0.03b
B	0.038±0.002b	305.20±33.80a	355.46±22.78a	2.23±0.09ab
C	0.034±0.001c	386.78±43.71a	374.84±21.73a	2.85±0.09a
CK	0.051±0.003a	261.00±28.53b	266.07±27.21b	1.77±0.25b

2.2.3 对茄子根系活力及电导率的影响 由表 3 可知,处理 B、C 茄子的根系活力均高于对照,且差异达到显著水平。处理 C 茄子根系活力比对照提高了 203.58 μg·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>,但差异不显著,各处理间根系的相对电导率差异不显著。

表 3 不同秸秆量处理对茄子根系活力及电导率影响

Table 3 Effect of different straw amount treatments on activity and conductance of grafted eggplant leaf root

处理 Treatment	根系活力 Root activity/(μg·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> )	根系相对电导率 Root conductivity/%
A	1 375.50±207.87ab	44.0±1.9a
B	1 520.98±224.70a	43.7±5.7a
C	1 540.98±338.82a	48.0±8.8a
CK	1 337.40±87.80b	42.1±7.5a

3 结论与讨论

3.1 不同秸秆量对温室环境的改善

秸秆反应堆技术是一种以农作物秸秆为材料,通过添加发酵菌种使秸秆发酵反应产生有利于蔬菜生长的一种新技术,其可以显著改善温室环境,对温室蔬菜增产提质有很好的效果<sup>[8]</sup>。该试验中,不同秸秆量对气温影响明显,其中以 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 效果最为明显,与对照相比,在 08:00 可以提高 1.35 ℃,这对于冬季温室生产具有重要作用。不同秸秆量处理下,在接近中午的时候,温室湿度出现随着秸秆量增加而增大的现象。这对温室内生产蔬菜不利,湿度增加会提高真菌病害的发病率。在实际生产中,在不影响气温的情况下可

差异比较明显。各处理丙二醛含量均比对照低,且差异达到显著水平( $P<0.05$ ),而其中以处理 C 含量最低,与处理 A、B 差异达到了显著水平,处理 A 与处理 B 间差异不显著。说明通过添加秸秆量可以改善温室环境,降低了地温对茄子的胁迫,使 MDA 含量减少。不同处理下茄子 SOD 活性表现为 C>B>A>CK,其中处理 C、B 显著高于对照和处理 A,处理 C 比 CK 提高 125.78 U·g<sup>-1</sup>·h<sup>-1</sup>FW。各处理茄子叶片 CAT 活性表现为 C>B>A>CK,各处理均显著高于对照,处理 C 的 CAT 活性最高 374.84 U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>,较对照提高 108.77 U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>。不同处理下茄子叶片 POD 活性表现为 C>B>A>CK,处理 C 显著高于对照,较对照提高 1.08 U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>。

以增加放风时间,以降低温室湿度。

不同秸秆量处理下,温室地温差异较为明显,其中 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理在 08:00 与对照相比可提高地温 1.57 ℃。这与前人研究结果相似<sup>[8-10]</sup>。对于冬季光照弱,气温低的温室,该试验中 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理能够提高地温,但由于温室条件所限,地温仍维持在 10 ℃左右,这对越冬嫁接茄子生长不利,在保温性能较好的温室按照 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 是否能使地温维持较高水平,需要在以后的试验中进一步研究。众多研究结果表明,通过添加秸秆反应堆可以增加温室 CO<sub>2</sub> 浓度<sup>[8-10]</sup>,这在该试验中也得到验证。增大 CO<sub>2</sub> 浓度可以增加茄子进行光合作用的底物,会增强茄子的光合作用,有利于同化物的积累进而促进增产。在该试验中 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理温室隔断内 CO<sub>2</sub> 浓度最高,说明 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量在 6 500 kg 要较其它处理效果好。

3.2 不同秸秆量对嫁接茄子生理指标的影响

有研究表明<sup>[2,11]</sup>,可溶性糖、可溶性蛋白质和脯氨酸等有机物小分子,可以作为茄子逆境胁迫的评价指标。在该试验中,通过测定发现,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 2 500、4 500、6 500 kg 处理嫁接茄子叶片中可溶性糖含量均显著高于对照,这说明添加秸秆处理有利于提高嫁接茄子叶片可溶性糖含量,提高嫁接茄子抗冷性能。该试验中,不同处理下嫁接茄子叶片可溶性蛋白质含量差异不明显。对于可溶性蛋白质是否可以作为耐冷性评价指标,前人研究也不尽相同<sup>[1-2]</sup>,这可能与低温胁迫的时间

和取样的时间等有关。脯氨酸含量的多少可作为抵御胁迫强弱的指标<sup>[12-13]</sup>。该试验中,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 4 500、6 500 kg 处理叶片脯氨酸含量显著高于对照。丙二醛是低温胁迫下膜质过氧化的产物,其含量可以反映出植物受到冷害的严重程度<sup>[14]</sup>。该试验中,没有添加秸秆的对照茄子叶片丙二醛含量最高,且与其它处理差异达到显著水平;667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理茄子叶片丙二醛含量最低。该试验中,不同处理下茄子叶片 SOD、POD 和 CAT 活性均表现为 C>B>A>CK,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 2 500 kg 显著高于对照。可见,在秸秆 667 m<sup>2</sup> 施用量 6 500 kg 处理下茄子叶片受到低温影响后,酶保护系统显著提高,膜质过氧化产物丙二醛含量减少,保护性物质可溶性糖和脯氨酸含量增多,该处理可以有效提高茄子的抗冷性能,适应冬季低温弱光环境。此外,研究结果表明 667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 4 500、6 500 kg 处理下嫁接茄子根系活力显著高于对照,这与前人研究结果相同<sup>[15]</sup>。说明添加秸秆后,在秸秆分解发酵过程中为根系生长提供了适宜的环境,这有利于根系对水分和矿物质的吸收,对越冬生产茄子有重要意义。综合来看,667 m<sup>2</sup> 添加秸秆量 6 500 kg 处理的秸秆反应堆对温室环境及对嫁接茄子生理变化方面的影响都有利于其越冬生产。

#### 参考文献

[1] 闫世江,张继宁,刘洁. 茄子耐低温鉴定方法研究进展[J]. 四川农业科技,2011(1):22-23.

- [2] 高青海,吴燕,徐坤. 茄子嫁接苗根系对低温环境胁迫的响应[J]. 应用生态学报,2006,17(3):390-394.
- [3] 宋永骏,李亮,林多,等. 亚低温对茄子幼苗叶片生理特性的影响[J]. 北方园艺,2011(9):30-32.
- [4] 任国三,陈加祥,王红对. 茄子对低温胁迫的生理响应及不同品种耐冷性比较[J]. 中国蔬菜,2007(4):12-15.
- [5] 舒占涛,李清海,齐振荣,等. 日光温室应用秸秆反应堆对地温的影响[J]. 内蒙古农业科技,2014(2):37-38,40.
- [6] 何志刚,王秀娟,董环,等. 秸秆反应堆在北方日光温室长季节栽培中的应用研究[J]. 北方园艺,2013(19):60-62.
- [7] 张志良,瞿伟菁. 植物生理学实验指导[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [8] 卞中华. 内置式与外置式秸秆反应堆对日光温室环境及番茄生理生态的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2012.
- [9] 孙梦红,许越华. 内置式秸秆反应堆技术在设施蔬菜中的应用分析[J]. 现代农村科技,2013(5):20-21.
- [10] 田福发,陈立昶,姜若勇,等. 内置式秸秆反应堆对日光温室番茄和黄瓜生长的影响[J]. 江苏农业科学,2013(9):143-145.
- [11] 姚明华,徐跃进,李晓丽,等. 茄子耐冷性生理生化指标的研究[J]. 园艺学报,2001,28(6):527-531.
- [12] 董爱玲. 低温驯化对低温胁迫下茄子幼苗生理的影响[D]. 兰州:甘肃农业大学,2016.
- [13] 汤章城. 逆境条件下植物脯氨酸的累积及其可能的生态学意义[J]. 植物生理学通讯,1984(1):330-335.
- [14] 刘黎军. 低温弱光对日光温室茄子生长及生理生化功能的影响[D]. 长春:吉林农业大学,2012.
- [15] 曹云娥,于华清,包长征. 内置式秸秆生物反应堆对日光温室西葫芦生长的影响[J]. 北方园艺,2010(11):58-60.

## Effects of Crop Straw Reactor on Environment of Greenhouse and Chilling Tolerance Physiologic of Grafted Eggplant

ZHANG Qingmei, HU Yun, LI Ming

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

**Abstract:** The grafted eggplants were used as test materials to study the effect of different used amount of straw about straw reactor by the way of inner-placed straw reactor on greenhouse environment and physiological indexes of chilling tolerance of grafted eggplant. The results showed that the treatment of C by using straw 6 500 kg per 667 m<sup>2</sup> was the best. Compared with CK, the temperature of air and soil in greenhouse of using straw 6 500 kg per 667 m<sup>2</sup> respectively raised 1.35—3.38 °C and 1.54—1.92 °C. CO<sub>2</sub> concentration of using straw 6 500 kg per 667 m<sup>2</sup> showed an increase of 168—233 μL · L<sup>-1</sup>. The treatment of using straw 6 500 kg per 667 m<sup>2</sup> significantly enhanced enzyme activities of superoxide dismutase, catalase, peroxidase, improved content of proline and soluble sugar, reduced content of MDA in grafted eggplant leaf, and markedly improved the activity of root. On the whole, the straw reactor of using straw 6 500 kg per 667 m<sup>2</sup> had good popularization using value which could improve greenhouse environment, enhance chilling resistance of eggplant.

**Keywords:** straw reactor; eggplant; grafting; low temperature