

嫁接对茄子耐冷性的影响

刘益勇, 周亚东, 申磊, 赵恩鹏, 杨旭* (扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏扬州 225009)

摘要 以低温敏感型材料“荷包茄”嫁接低温耐受型材料“喀西茄”砧木(处理组),“荷包茄”自我嫁接(对照组),进行低温胁迫(1℃)处理,分析其表型变化并分别测定其叶绿素、可溶性糖、丙二醛的含量、电导率变化以及过氧化氢酶(CAT)活性,以此分析接穗低温耐受能力变化。结果表明,1℃处理5 d后对照组比处理组萎蔫明显,冷害指数统计表明处理组冷害指数比对照组低33%。接穗叶片叶绿素a、b含量在处理5 d后比对照组分别高约72%、100%;可溶性糖含量在处理3 d时上升至峰值,处理组比对照组高约65%,之后呈下降趋势;丙二醛含量呈先上升后下降的趋势,在2 d时升至峰值,处理组比对照组低约13.7%;电导率在处理组一直呈上升趋势,在处理5 d时处理组比对照组低约5%;CAT活性并无规律性变化,但处理组一直显著高于对照组。综合分析可知,以低温耐受型品种“喀西茄”为砧木进行嫁接可以在一定程度上提高低温敏感型品种“荷包茄”的低温耐受性。

关键词 茄子;低温胁迫;嫁接;耐冷性鉴定

中图分类号 S626

文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)13-0052-04

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.13.015

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effect of Grafting on Cold Tolerance of Eggplant

LIU Yi-yong, ZHOU Ya-dong, SHEN Lei et al (School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009)

Abstract The low temperature sensitive material ‘Hebao eggplant’ was grafted by grafting the low temperature tolerant material ‘Kaxi eggplant’ rootstock (treatment group) and ‘poached eggplant’ was self-grafted (control group), proceed low temperature stress (1℃), the phenotypic changes were analyzed, and the contents of chlorophyll, soluble sugar, malondialdehyde, electrical conductivity and catalase (CAT) activity were determined, and the change of low temperature tolerance of scion was analyzed. The results showed that after 5 days of treatment at 1℃, the control group had more obvious wilting than the treatment group, and the chilling injury index statistics showed that the chilling injury index of the treatment group was 33% lower than the control group. After 5 days of treatment, the content of chlorophyll a and b in scion leaves was about 72% and 100% higher than that in the control group, respectively; the content of soluble sugar in the treatment group increased to the peak after 3 days, and the content of soluble sugar in the treatment group was about 65% higher than that in the control group, and then decreased; the content of MDA increased at first and then decreased, reaching the peak on the 2nd day, and the content of soluble sugar in the treatment group was about 13.7% lower than that in the control group. The electrical conductivity showed an upward trend after treatment, and the CAT activity of the treatment group was about 5% lower than that of the control group after 5 days of treatment, and there was no regular change, but the treatment group was significantly higher than the control group. The comprehensive analysis showed that the low temperature tolerance of low temperature sensitive variety ‘Hebao eggplant’ could be improved to some extent by grafting with low temperature tolerant variety ‘Kaxi eggplant’ as rootstock.

Key words Eggplant; Low temperature stress; Grafting; Cold tolerance identification

茄子(*Solanum melongena* L.)适宜生长温度为22~30℃,当温度低于10℃时便会出现冷害症状,对茄子生产造成很大危害,低温胁迫作为主要的非生物胁迫之一,在蔬菜作物栽培中频频发生,严重影响了蔬菜的品质和产量。低温胁迫不但在露地栽培时常发生,甚至在设施栽培中有时也不可避免,尤其是在我国北方蔬菜生产方面尤其严重。张红梅等^[1]用15℃的低温开展黄瓜发芽试验,结果显示耐低温能力强的品种发芽能力强,弱的品种发芽能力弱。王丽萍等^[2]研究发现,温度过低对辣椒的整个株型、叶片和根系都有影响。周艳虹等^[3]证实低温胁迫后黄瓜的叶片生长指数基本不变,生长缓慢。姜晶等^[4]则得出番茄苗期经晚上低温胁迫处理后,坐果率降低,畸形果数量增加。于龙凤等^[5]研究发现,低温胁迫可以对植物的整个生育期造成有害影响,其对植物的损害程度取决于低温处理的温度和低温处理持续时间,但对不同物种所造成的伤害不同。于文颖等^[6]对2个不同玉米品种进行低温胁迫处理,发现低温胁迫使玉米生长缓

慢,导致玉米品质和产量降低。任飞虹^[7]对茄类和瓜类嫁接与耐低温的关系进行总结,认为嫁接苗的细胞膜系统较稳定,光合速率呈平稳变化,呼吸速率呈上升状态,使得嫁接苗具有较强的抗低温基础;嫁接苗叶片中MDA积累量均小于自根苗;并随着低温胁迫游离脯氨酸(Pro)大量积累,有利于植物耐低温性的提高。张圣平等^[8]在研究低温胁迫对以野生黄瓜(棘瓜)为砧木的黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响时发现嫁接苗的SOD、POD、CAT活性始终高于自根苗,且以棘瓜为砧木的嫁接苗总体上高于以黑籽南瓜为砧木的嫁接苗,表明以棘瓜为砧木的嫁接苗在低温下具有更强的细胞膜保护能力。刘慧英等^[9]以自根苗为对照,研究了不同砧木对嫁接苗耐低温性的影响及生理机制,结果表明,与自根苗相比嫁接苗的耐低温性有明显提高。笔者以耐低温材料“喀西茄”和低温敏感型材料“荷包茄”为试验材料,采用嫁接方式,进行一系列试验,验证了喀西茄作砧木能在实际生产中提高接穗耐冷性,以期茄子优质高效栽培提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料 根据实验室前期对茄子材料进行的耐低温性综合评价^[10],选用耐低温胁迫能力弱的品种栽培茄“荷包茄”与能力强的野生品种“喀西茄”为对象,二者均保存于扬

基金项目 国家重点研发计划项目子课题(2019YFD1000305-08)。
作者简介 刘益勇(1995—),男,江苏南通人,硕士研究生,研究方向:种质资源评价及遗传育种。*通信作者,教授,硕士生导师,从事茄果类蔬菜种质资源评价及遗传育种研究。
收稿日期 2021-11-16

州大学园艺植物保护学院园艺分子育种课题组,于2020年春季栽植于扬州大学实验苗圃基地。

1.2 化学试剂 95%乙醇、石英砂、碳酸钙粉、0.2 mol/L pH 7.8 磷酸缓冲液、0.1 mol/L H_2O_2 、蒽酮乙酸乙酯、浓硫酸、三氯乙酸(TCA)、硫代巴比妥酸(TBA)、NaCl 溶液。

1.3 试验设计 选取饱满的茄子种子进行催芽播种,放于大棚中培养。待茄子长到4叶1心时,选取长势一致的幼苗进行嫁接处理。将幼苗分成2组:第一组以“喀西茄”为砧木,“荷包茄”为接穗(处理组);第二组以“荷包茄”为接穗,“荷包茄”为砧木使其与自我嫁接(对照组)。确保嫁接成活后于人工气候培养箱内进行低温处理(1℃)。分别在低温处理后第0、1、2、3、4、5天随机选取各处理叶片进行过氧化氢酶(CAT)活性、丙二醛(MDA)含量、可溶性糖含量和叶绿素含量的测定,每个处理设置3次生物学重复。

1.4 嫁接方法 嫁接前要进行炼苗,并对砧木苗及接穗苗喷一次500倍的百菌清,嫁接选择晴朗的天气,在避阴条件下进行。刀片选用锋利的新刀片,保证所削斜面平滑,刀片及嫁接夹使用前用75%的乙醇消毒。

当砧木长到4~6片真叶,接穗长到4~5片真叶时,采用劈接法嫁接,在砧木高4 cm处平切掉上部,保留1~2片真叶,不能过高或过矮,否则影响成活。砧木苗嫁接前适当控水,以防嫁接时胚轴脆嫩劈裂。嫁接后浇透水,放在培养箱内无光管理,注意不要把水浇到切口以上,以防染病。

嫁接后要高温高湿促进伤口愈合。一般嫁接后9~10 d为愈合期,是提高嫁接成活率的关键时期,在此期间需加强温度、湿度和光照管理。起初几天内要求遮光,白天25~28℃、夜间18~20℃,湿度为90%~95%。确认成活后可恢复正常光照,逐渐降低温度、湿度,白天23~26℃、夜间17~20℃,湿度70%~80%。缓苗结束后,转入正常茄子栽培管理^[11-13]。

1.5 冷害指数统计 冷害指数的计算参照《茄子种质资源数据质量控制规范》^[14],按冷害分级标准(表1)进行评定:0,植株生长正常,无任何受冻症状;1,1~2片叶边缘有轻度的皱缩萎蔫,面积20%~30%;2,4片叶受冻,其中1~2片叶受冻面积>50%;3,3~4片叶受冻,其中3片叶受冻面积>50%;4,植株各叶片普遍受冻,其中3~4片叶受冻面积>50%;5,全株受冻死亡或接近死亡。

$$\text{冷害指数(CI)} = \frac{\sum (\text{代表级数} \times \text{株数})}{\text{最高级数} \times \text{总株数}} \times 100\%$$

1.6 测定项目与方法

1.6.1 叶绿素含量。取茄子幼苗叶片制成叶绿体色素提取液,根据叶绿体色素提取液对可见光谱的吸收,利用分光光度计以95%乙醇为空白对照,分别在波长665、649、470 nm下测定吸光度,然后计算出相应色素含量^[15]。

1.6.2 CAT 活性。用紫外吸收法测定CAT活性。利用 H_2O_2 在240 nm波长下有强烈的吸光效果,而过氧化氢酶能分解过氧化氢,可以让反应溶液吸光度随反应时间持续而降低。根据吸光度的变化速度可以测出CAT的活性^[15]。

1.6.3 MDA 含量。用硫代巴比妥酸法测定MDA的含量。利用MDA在高温、酸性条件下与硫代巴比妥酸反应,形成在532 nm波长处有最大光吸收的有色三甲基复合物,利用其吸光系数是155 mmol/(L·cm),且在600 nm波长处有最小光吸收来计算MDA的含量。

1.6.4 可溶性糖含量。用惠酮比色法测定可溶性糖含量。糖在浓硫酸的作用下,经过脱水反应生成糠醛或羟甲基糠醛,二者均可与蒽酮反应生成蓝绿色糠醛衍生物,在一定范围内,糖的含量与颜色的深浅成正比,由此可计算出可溶性糖含量^[15]。

1.6.5 电导率。用电导仪法测定电导率。用电导仪分别测定在20~25℃恒温下和煮沸后冷却至恒温的测定溶液的电导率,然后计算出低温胁迫下茄子幼苗的相对电导率^[15]。

1.7 数据分析 数据整理采用Excel 2016,绘图使用Sigma-Plot 12.5,方差分析采用DPS v18.10。

2 结果与分析

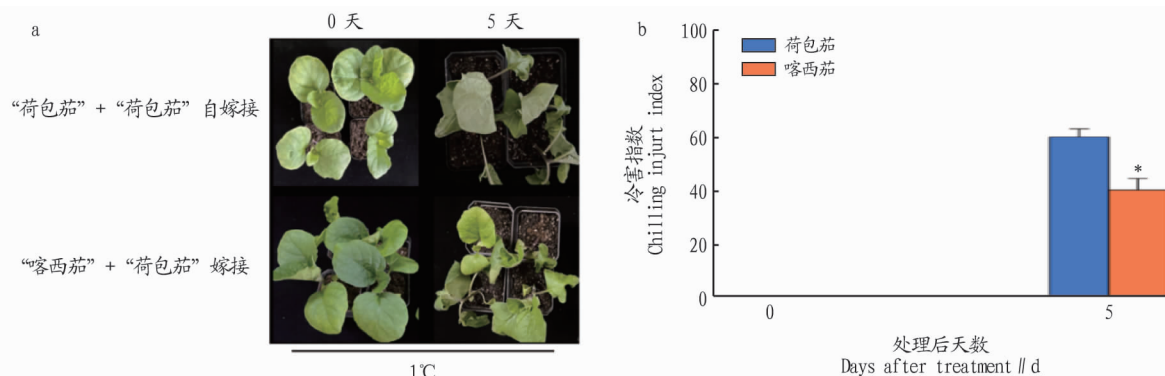
2.1 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木后低温处理下表型的变化 目前,嫁接是一种生产上快速提高蔬菜抗病抗逆能力的策略。为了探究是否可以通过嫁接低温胁迫耐受能力强的“喀西茄”来提高“荷包茄”对低温胁迫的耐受能力,以“喀西茄”为砧木,“荷包茄”为接穗进行嫁接;同时以“荷包茄”为砧木,“荷包茄”为接穗进行自我嫁接作为对照组,以排除嫁接手段因素造成的试验误差,每组处理设置3个生物学重复(图1)。通过对嫁接成功后的植株进行1℃的低温胁迫处理5 d后,发现“荷包茄”自我嫁接植株的叶片出现较为明显的萎蔫症状,而“荷包茄”嫁接“喀西茄”的植株叶片出现较轻微的叶片萎蔫症状(图2a)。冷害指数统计结果显示,以“喀西茄”作为砧木嫁接“荷包茄”接穗的植株叶片耐低温胁迫能力高于“荷包茄”自我嫁接植株的叶片(图2b)。表明以“喀西茄”为砧木进行嫁接可以在一定程度上提高“荷包茄”的低温胁迫耐受能力。



图1 嫁接操作

Fig. 1 Grafting operation

2.2 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木低温处理后叶绿素含量的变化 为了进一步验证上述结果,在低温胁迫处理下,对嫁接后上述2种植株接穗叶片中的叶绿素a、叶绿素b、可溶性糖和丙二醛的含量以及过氧化氢酶活性、电导率进行测定,每组设置3个生物学重复。结果显示,低温胁迫处理下



注: * 表示差异显著 ($P < 0.05$)

Note: * indicated significant difference at 0.05 level

图2 嫁接植株低温胁迫 (1°C) 处理 5 d 时的表型和冷害指数

Fig.2 Phenotype and chilling injury index of grafted plants under low temperature stress (1°C) for 5 days

的处理组和对照组植株叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 含量均呈下降趋势,但处理组植株叶片中的叶绿素 a、叶绿素 b 含量均高于“荷包茄”自我嫁接的植株,并分别呈极显著差异、显著差异(图 3),在处理 5 d 后接穗叶片叶绿素 a、b 含量比对照组分别高约 72%、100%。

2.3 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木低温处理后可溶性糖含量的变化 研究结果显示,处理组和对照组植株叶片中的可溶性糖含量在低温胁迫处理 3 d 时达最高,分别为 3.8 和 2.3 $\mu\text{mol/g}$,处理组比对照组高约 65%,随后开始下降,总体上呈先上升后下降的趋势。处理组植株叶片中的可溶性糖含量在处理 5 d 内各个时期全部高于“荷包茄”自我嫁接植株叶片(图 4a)。

2.4 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木低温处理后过氧化氢酶活性的变化 低温胁迫处理下处理组和对照组植株叶片中 CAT 活性无明显规律性变化,但处理组植株叶片中的过氧化氢酶活性极显著高于对照组(图 4b)。

2.5 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木低温处理后丙二醛含量的变化 “荷包茄”嫁接“喀西茄”的植株和“荷包茄”自我嫁接植株叶片中的丙二醛含量随着低温胁迫处理时间的增加也呈先上升后下降的趋势,并在处理 2 d 时达到最高,分别为 0.73 和 0.63 $\mu\text{mol/g}$ 。在处理 0、1 d 时处理组植株叶片中的 MDA 含量略高于对照组,但在处理 3、4 和 5 d 时,处理组植株叶片中的丙二醛含量显著低于对照组(图 4c)。

2.6 “荷包茄”嫁接“喀西茄”砧木低温处理后电导率含量的变化 低温胁迫下对其叶片电导率含量进行测定,结果显示,电导率随处理时间延长总体呈逐渐上升趋势,但处理组植株叶片电导率低于对照组(图 4d)并在处理 2、3、4、5 d 时呈显著差异。

3 讨论

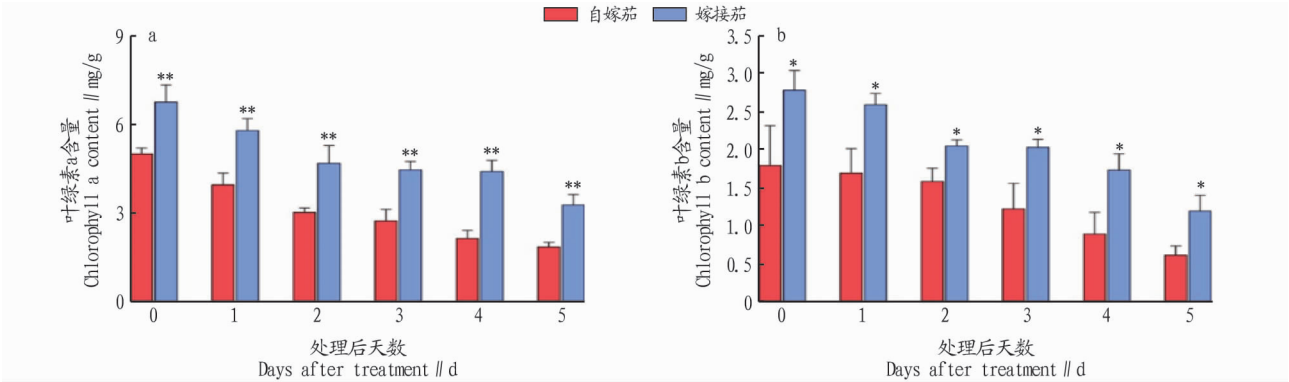
3.1 “喀西茄”砧木对接穗“荷包茄”低温胁迫下叶绿素含量的影响 叶绿素是植物进行光合作用的主要色素,主要分布在叶片叶绿体类囊体薄膜中,在光合作用中起核心作用。光合作用主要是植物把光能转化为化学能并储存在有机物中,是植物生长和发育的关键。叶绿素的变化会影响光合电

子传递和光合磷酸化等系列反应,从而整个植株受到影响^[16-19]。从试验结果看,在低温胁迫下,叶绿素 a、叶绿素 b 含量均呈下降趋势,但嫁接“喀西茄”后的“荷包茄”的各项叶绿素指标均高于自我嫁接,说明通过嫁接“喀西茄”的根系,可以在一定程度上降低“荷包茄”在遭受低温胁迫时叶绿素含量的下降速度。

3.2 “喀西茄”砧木对接穗“荷包茄”低温胁迫下 CAT 活性的影响 抗氧化酶主要可以起到活性氧的酶促清除反应,减少因低温胁迫下活性氧过度积累而对植物所造成的伤害,提高植物抗氧化防御能力,所以抗氧化酶活性与植物耐低温胁迫能力密切相关^[20-21]。CAT 是主要的抗氧化酶之一,在低温胁迫下,茄子幼苗的 CAT 含量整体呈先升后降的趋势,但嫁接“喀西茄”的“荷包茄”植株 CAT 含量显著高于“荷包茄”自我嫁接的植株。说明嫁接“喀西茄”之后接穗“荷包茄”对活性氧的清除能力有所提升。

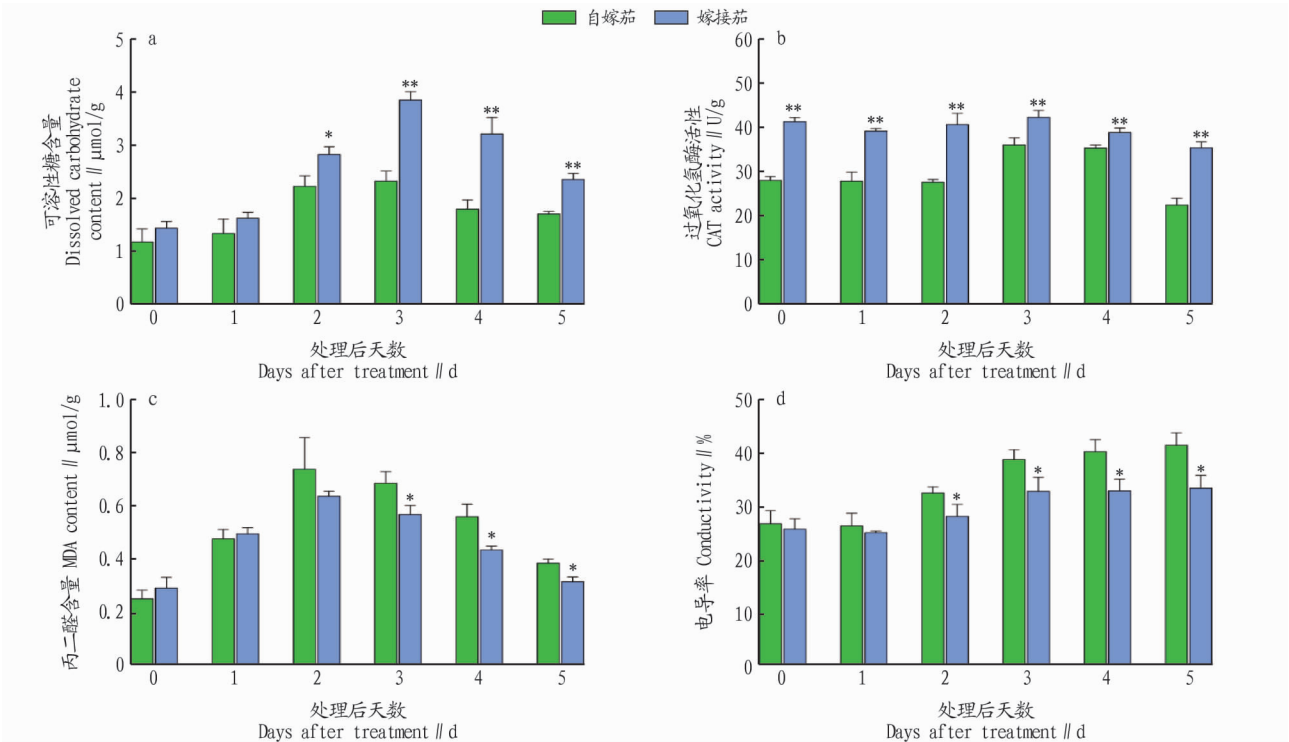
3.3 “喀西茄”砧木对接穗“荷包茄”低温胁迫下 MDA 含量的影响 MDA 是膜脂过氧化反应最重要的产物之一,其含量变化是植物细胞膜质过氧化程度的体现^[22]。当植物遭遇低温胁迫时,丙二醛的含量升高,则表示植物细胞膜质过氧化程度变高,细胞膜所受到的伤害变大,其含量与植物耐低温性呈负相关^[23-25]。从该试验结果可以看出,在处理前 2 d 处理组 MDA 含量略高于对照组,可能是因为处理组为 2 个不同品种嫁接其亲和性必然不如对照组的自我嫁接亲和性高,但在低温处理后“喀西茄”砧木对接穗起到更为积极的作用。在低温胁迫期间,自我嫁接的“荷包茄”植株 MDA 含量涨幅明显高于嫁接“喀西茄”砧木的“荷包茄”,且处理组叶片中 MDA 含量低于对照组,说明其受到的膜脂过氧化伤害更为严重。由此证明嫁接“喀西茄”砧木可以在一定程度上降低接穗“荷包茄”在低温胁迫下所受的膜脂过氧化伤害。

3.4 “喀西茄”砧木对接穗“荷包茄”低温胁迫下可溶性糖含量的影响 可溶性糖是植物体内的主要渗透调节物质,其中主要包括果糖和葡萄糖等。当植物遭受到低温胁迫时,可溶性糖可以起到增加原生质浓度的作用,用提高细胞液渗透压的方式来防止植物脱水,从而减轻低温胁迫对植物体的伤



注：* 表示差异显著 ($P<0.05$)；* * 表示差异极显著 ($P<0.01$)
Note: * indicated significant difference at 0.05 level; * * indicated extremely significant difference at 0.01 level

图3 低温胁迫(1 °C)处理下叶绿素 a(a) 和叶绿素 b(b) 的含量
Fig.3 Chlorophyll a and chlorophyll b content under low temperature stress (1 °C)



注：* 表示差异显著 ($P<0.05$)；* * 表示差异极显著 ($P<0.01$)
Note: * indicated significant difference at 0.05 level; * * indicated extremely significant difference at 0.01 level

图4 低温胁迫(1 °C)处理下可溶性糖含量(a)、过氧化氢酶活性(b)、丙二醛含量(c)和电导率(d)

Fig.4 Soluble sugar content,catalase activity,malondialdehyde content and electrical conductivity under low temperature stress (1 °C)

害^[26-27]。研究表明,可溶性糖含量与植物的耐低温胁迫能力呈正相关关系,而耐低温胁迫能力强的植物品种体内的可溶性糖含量会比能力弱的品种高^[28]。从试验结果来看,在低温胁迫下,茄子幼苗均呈先上升后下降的趋势,而嫁接“喀西茄”砧木后的“荷包茄”接穗中可溶性糖含量的增长幅度显著高于“荷包茄”自我嫁接植株,说明通过嫁接“喀西茄”砧木,能够提高“荷包茄”接穗在低温胁迫下的可溶性糖含量。

3.5 “喀西茄”砧木对接穗“荷包茄”低温胁迫下电导率的影响 植物细胞膜是维持细胞的微环境和正常代谢的关键。通常情况下,细胞膜对物质具有选择透过能力,但当植物受到低温胁迫时,细胞膜逐渐破坏,膜透性增大,从而使细胞内的电解质外渗,以致于植物细胞浸提液的电导率增大^[29]。从试验结果看,嫁接“喀西茄”的“荷包茄”的电导率明显低于自我嫁接的“荷包茄”,说明嫁接“喀西茄”砧木能够在一定程度上缓解“荷包茄”在低温胁迫下电导率的上升幅度,从而提高接穗的低温胁迫耐受能力。

4 结论

综合该试验的生理指标测定结果和分析显示,通过嫁接耐低温能力强的品种“喀西茄”砧木,其接穗“荷包茄”的叶绿素含量、CAT 含量、可溶性糖含量明显比在相同低温环境中的自嫁“荷包茄”要高,而电导率和 MDA 含量更低,说明嫁接

(下转第 58 页)

表3 沙杵菇不同菌株的产量比较

Table 3 Comparison of yields of different strains of *Coprinus comatus*

菌株名称 Name of strains	处理 Treat- ment	出菇所 需时间 Timing for fruiting//d	平均每 筐产量 Average yield of each basket//g	生物学 转化率 Biological conversion rate//%
SHCHG(J)02	T1	76	1 805	30.08
	T2	71	1 879	31.32
	T3	66	2 387	39.78
SHCHG(L)07	T1	76	1 786	29.77
	T2	74	1 891	31.52
	T3	71	2 123	35.38

株进行反复优选,最终确定 SHCHG(S)02 和 SHCHG(L)07 为最佳菌株。SHCHG(S)02 和 SHCHG(L)07 与其他菌株相比菌丝生长最佳,萌发时间短,菌丝生长浓密且均匀,长势评分为 5 分,是具有开发潜力的沙杵菇优良菌株,可作为遗传改良目标菌株,并进一步观察鉴定,以培育成产量高、质优的沙杵菇菌株。

笔者结合多年试验结果及该地区的原料特点,以玉米芯、玉米秸、沙蒿粉、羊粪为主料,这些原料在当地资源丰富,成本低廉,而且非常适合沙杵菇栽培。该试验以玉米秸 30%、玉米芯 30%、沙蒿粉 10%、羊粪 26.2%、石膏粉 2.0%、石灰粉 1.8%为配方,同种原料设置 3 个不同的堆腐发酵处

(上接第 55 页)

接“喀西茄”后“荷包茄”获得了较强的对低温环境所带来的损伤的抵御能力,提高了接穗“荷包茄”的低温胁迫耐受能力,证明低温耐受型品种“喀西茄”作砧木能在一定程度上提高“荷包茄”的低温胁迫耐受能力,对实际生产有一定的参考意义。但“喀西茄”砧木嫁接对地上部茄子接穗在抵御低温胁迫时具体如何发挥作用,有待后续试验进一步探究。

参考文献

[1] 张红梅,金海军,丁小涛,等.不同砧木黄瓜嫁接苗对温度胁迫的生理响应及其抗性评价[J].西北植物学报,2019,39(7):1259-1269.

[2] 王丽萍,王鑫,邵春蕾.低温弱光胁迫下辣椒植株生长特性的研究[J].辽宁农业科学,2007(6):7-9.

[3] 周艳虹,喻景权,钱琼秋,等.低温弱光对黄瓜幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J].应用生态学报,2003,14(6):921-924.

[4] 姜晶,张阳,唐广浩.苗期夜间亚低温对番茄生长发育的影响及耐低温材料的筛选[J].江苏农业科学,2010,38(1):157-159.

[5] 于龙凤,安福全,李富恒,等.低温弱光对果菜类蔬菜作物气孔特性的影响[J].安徽农业科学,2011,39(14):8194-8195,8221.

[6] 于文颖,冯锐,纪瑞鹏,等.苗期低温胁迫对玉米生长发育及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2013,31(5):220-226.

[7] 任飞虹.嫁接技术及其提高瓜类和茄类植物抗冷能力的研究综述[J].河北理工大学学报(自然科学版),2009,31(3):140-143.

[8] 张圣平,顾兴芳,王烨,等.低温胁迫对以野生黄瓜(棘瓜)为砧木的黄瓜嫁接苗生理生化指标的影响[J].西北植物学报,2005,25(7):1428-1432.

[9] 刘慧英,朱祝军,吕国华,等.低温胁迫下西瓜嫁接苗的生理变化与耐冷性关系的研究[J].中国农业科学,2003,36(11):1325-1329.

[10] 刘飞.喀西茄低温胁迫响应 miRNAs 及其靶基因的挖掘与分析[D].扬州:扬州大学,2019.

[11] 刘明,孙齐字,黄远,等.4 种嫁接方法对西瓜嫁接苗生长的影响[J].中国瓜菜,2020,33(7):19-23.

[12] 任顺.黄瓜嫁接苗缓苗智能管理系统的研究[D].长春:吉林大学,2016.

[13] BUOSO S, LOSCHI A. Micro-tom tomato grafting for stolbur-phytoplasma

理。结果表明,100%熟料栽培 2 个沙杵菇菌株生长势强,生长速度快,菌丝体粗壮且浓白,产量高,出菇时间短,生物学转化率高。

参考文献

[1] 楚天舒.野生沙杵菇的分子鉴定和主要呈味物质分析[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.

[2] 戴玉成,杨祝良.中国药用真菌名录及部分名称的修订[J].菌物学报,2008,27(6):801-824.

[3] 郝雅芳,邢岩,徐煜东,等.五株野生鸡腿菇生物学特性比较分析[J].食用菌,2020,42(1):16-19.

[4] XU X F, LI A Z, CHENG S M, et al. Reappraisal of phylogenetic status and genetic diversity analysis of Asian population of *Lentinula edodes* [J]. Progress in natural science, 2006, 16(3): 274-280.

[5] 邱慧兰, 李林辉, 陈真勇, 等. 鸡腿菇菌株农艺性状比较及相关分析 [J]. 中国食用菌, 2010, 29(1): 31-34.

[6] 康曼, 李欣欣, 韩建荣. 一株野生鸡腿菇 ZMM-3 菌株的营养成分分析 [J]. 山西农业科学, 2017, 45(3): 358-360, 427.

[7] 胡晓强, 李峰, 赵建选, 等. 1 株野生平菇菌株的采集及其驯化栽培 [J]. 中国食用菌, 2014, 33(6): 13-14, 16.

[8] 丁智权. 虎纹香菇驯化栽培初探 [J]. 食用菌, 2010, 32(4): 52-53.

[9] 马宏, 张根伟, 刘萌, 等. 7 株野生香菇菌株的特性及出菇试验 [J]. 中国食用菌, 2019, 38(3): 36-40.

[10] 王磊, 杨树德, 程显好. 野生黄伞人工驯化及其高产栽培模式的建立 [J]. 安徽农业科学, 2019, 47(16): 51-53.

[11] 王瑞娟. 杏鲍菇工厂化栽培相关参数和生理特性研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2007.

[12] 李蓉, 张金钰, 陈俊良, 等. 野生香菇菌株筛选试验 [J]. 食用菌, 2018, 40(1): 30-32.

[13] 李传华, 章炉军, 张美彦, 等. 野生拟粘小奥德蘑驯化和栽培研究 [J]. 食用菌学报, 2012, 19(3): 45-48.

transmission; Different grafting techniques [J]. Methods in molecular biology, 2019, 1875: 9-19.

[14] 李锡香, 朱德蔚. 种子物质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.

[15] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2013.

[16] 邵怡若, 许建新, 薛立, 等. 低温胁迫时间对 4 种幼苗生理生化及光合特性的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33(14): 4237-4247.

[17] 赵昱瑄, 张敏, 姜雪, 等. 不同贮藏温度结合热处理对黄瓜品质及生理生化指标的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(6): 1023-1030.

[18] 高秀瑞, 潘秀清, 武彦荣, 等. 低温胁迫对茄子幼苗耐冷生理特性的影响 [J]. 河北农业科学, 2008, 12(12): 6-8.

[19] 郭守鹏, 杨君娇, 马村, 等. 低温胁迫对不同种类茄子叶片耐寒性生理指标的影响 [J]. 现代园艺, 2018(5): 8-10.

[20] ALAN O, OZDEMIR N, GUNEN Y. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality [J]. Journal of agronomy, 2007, 6(2): 362-365.

[21] 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.

[22] 潘丽梅, 韦树根, 何丽丽, 等. 低温胁迫下桑寄生种子各生理指标的变化 [J]. 江苏农业科学, 2021, 49(10): 109-113.

[23] 付丽疆. 基于叶绿素荧光的植物光合作用活动建模及调控研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2020.

[24] HONG M H, MA Z L, WANG X Y, et al. Effects of light intensity and ammonium stress on photosynthesis in *Sargassum fusiforme* seedlings [J/O]. Chemosphere, 2021, 273 [2021-07-28]. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128605.

[25] 张浩, 郑云普, 叶嘉, 等. 外源钙离子对盐胁迫玉米气孔特征、光合作用和生物量的影响 [J]. 应用生态学报, 2019, 30(3): 923-930.

[26] 易金鑫, 陈静华, 杨起英. 茄子苗期耐低温性鉴定方法初步研究 [J]. 江苏农业科学, 1998, 26(5): 51-53.

[27] 刘文革, 王鸣. 不同倍性蜜蜡西瓜幼苗在低温胁迫下的生理生化特性 [J]. 果树学报, 2003, 20(1): 44-48.

[28] WIDIWURJANI W, AUGUSTINI N, NURFIKAINI P. Synergy of application fertilizer leaves and organic growth regulatory for growth and production potential of eggplant plants (*Solanum melongena* L.) [J]. IOP conference series: Earth and environmental science, 2021, 743(1): 1-11.

[29] 王荣富. 植物抗寒指标的种属及其应用 [J]. 植物生理学通讯, 1987, 23(3): 49-55.