

夏季梅花品种耐热性生理生化指标研究

刘德良, 赖万年

(嘉应学院 生命科学院, 广东 梅州 514015)

摘要:分别于2010年5、7、9月采集正常生长5个梅花品种的叶片,研究了夏季高温对梅花酶活性、膜热稳定性和热稳定性蛋白的影响。结果表明:桃红宫粉、碗形宫粉抵抗夏季高温的能力较强,其次是美人梅,而江南朱砂和台阁朱砂则相对较弱。从叶绿素含量看,5~9月间夏季高温对梅花叶绿素有不同程度的降解作用,5个梅花品种中,桃红宫粉叶绿素含量变化幅度相对较小,而美人梅叶绿素含量变化幅度相对较大;从酶活性看,各品种的丙二醛(MDA)含量基本呈现上升趋势,唯独美人梅呈先升后降趋势;各品种的超氧化物歧化酶(SOD)活性均呈现先下降后上升的趋势,而抗氧化酶(POD)活性总体呈下降趋势;从膜的热稳定性和热稳定性蛋白看,各品种的电导率基本呈现先上升后下降的趋势;各个品种的热稳定性蛋白的含量基本呈现下降趋势。

关键词:夏季高温;梅花;耐热性;生理生化指标

中图分类号:S 685.17 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)02-0057-05

梅花(*Prunus mume* Sieb. et. Zucc)位居我国传统十大名花之首,是我国著名的观赏花木,它品种丰富,树型、花型、花色千变万化,其傲霜立雪的特性更为中华民族

第一作者简介:刘德良(1964-),男,湖南邵东人,博士,教授,现主要从事园林植物开发利用工作。E-mail:ldl@jyu.edu.cn。

基金项目:广东省普通高等院校人文社会科学省市共建重点研究招标课资助项目(11KYKT09)。

收稿日期:2011-11-02

菜。定植前整地作畦,整成1.2~1.5 m宽的平畦。当芹菜苗长到15~18 cm,有5~6片叶子时,即可定植。定植时的株行距25 cm×30 cm,每667 m²地栽植10 000~12 000株,定植后要及时浇定根水。

3.3.3 温、湿度控制 芹菜在生长过程中,要控制好温、湿度,芹菜最适宜的生长温度是15~20℃。当温、湿度过高时,需要及时通风,来降温除湿。而当温度过低时,要做好防寒保温工作,棚室栽培芹菜主要的保温措施就是盖保温被,一般在下午气温开始下降时,放下保温被,进行保温。在晴天没有寒流的早晨收起,这样不但有利于提高室温,还能增加光照,促进芹菜生长。

3.3.4 肥水与中耕管理 生长期的芹菜要多浇水施肥,来供给芹菜充足的水分和营养。结合浇水可追施一些复合肥,每667 m²施20 kg左右。浇水和施肥相结合,不仅能使肥施得均匀,而且有利于肥效的发挥。定植后的芹菜,缓苗后长得快,需要中耕松土2~3次,中耕不仅能防止土壤板结,还能较好地持水保墒。

3.3.5 病害防治 芹菜主要病害为斑枯病,发病初期可用50%多菌灵500倍或50%代森锰锌1 000倍或

族所崇尚^[1-2]。然而由于“温室效应”现象日益明显,全球气温持续升高,尤其是我国珠江流域的夏季近40℃高温、冬春期间近20℃日温差已经成为制约包括梅花在内的植物生长和发育的主要环境因子,梅花生长发育面临高温逆境的严峻挑战,但纵观梅花新品种的选育,主要集中在抗寒育种与推广方面^[2-4],如以陈俊愉院士、张启翔教授、包满珠教授等为代表,先后培育出能抵抗-15~-35℃的抗寒品种22个,并先后在北京和“三北”

1:0.5:200的波尔多液等防治,并加强通风透光,降低棚内湿度。

3.3.6 采收 定植50~60 d后,当芹菜叶柄长达40 cm左右,新抽的嫩薹不超过10 cm时进行采收,采收多用连根掘收的方式。由于早晨植株含水量大,比较脆嫩,商品性好,采收时间应选在上午。

4 经济效益和生态效益

棚栽“豇豆、西瓜、芹菜”高效接茬种植,春茬豇豆每667 m²产量2 500 kg,收入7 000元;夏茬西瓜产量为3 000 kg,收入达15 000元;秋冬茬芹菜产量为5 000 kg,收入10 000元,每667 m²总收入为30 000元左右。

在接茬过程中作物根系分泌的灭菌素,能抑制后茬作物病害的发生,所以此种高效接茬种植方式,在一定程度上能防止病虫害的发生;同时由于3种蔬菜各有特点,在种植过程中,所采取的管理方法和措施不同,在一定程度上能防止杂草滋生蔓延;此外,由于该3种蔬菜从土壤中吸收各种养分的数量和比例各不相同,所以还有利于土壤养分的均衡利用。

地区进行区域试验,使梅花从原有的栽培分布区(北至黄河,南以珠江为界)北移至北京和“三北”地区中部或更远^[5],突破了梅花“南树北移”过程中低温“瓶颈”制约,具有重要的科学与学术价值。但事实上,对类似于珠江流域等南亚热带地区,也存在如何延长梅花单株观赏期和整体花期的问题,这其中“耐高温”新品种的选育是中心问题,不解决这个问题,不仅有损梅花在南亚热带地区的形象,也极大地挫伤了南亚热带地区群众种梅、养梅的积极性。有鉴于此,研究梅花夏季耐热性特性,有助于全面了解梅花耐热性生理,为进一步探讨夏季耐热性与冬春花期耐热性的相关性以及筛选抗高温基因型梅花新品种提供基础性资料。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以嘉应学院梅园种植(20世纪90年代中期)的5个梅花品种植物为试验材料,分别是桃红宫粉(*Prunus mume* ‘Taohong Gongfen’)、碗形宫粉(*Prunus mume* ‘Wanxing Gongfen’)、台阁朱砂(*Prunus mume* ‘Taige Zhusha’)、江南朱砂(*Prunus mume* ‘Jiangnan Zhusha’)、美人梅(*Prunus mume* ‘Meiren Mei’),分别于2010年5、7、9月采集正常生长的叶片,待用。

1.2 项目测定

叶绿素含量、超氧化物歧化酶(SOD)、抗氧化酶(POD)、丙二醛(MDA)、叶片膜的热稳定性、叶片热稳定性蛋白含量的测定方法参照文献[6-7]。各方法在参考文献的基础上均有所改进,所有测定3次重复。

2 结果与分析

2.1 叶片叶绿素含量

由图1可知,夏季不同月份梅花品种叶绿素a、b的总含量和a/b的变化情况不一致。从5~9月,随着气温升高,叶绿素a+b的含量呈有规律的下降趋势。在5月,美人梅的叶绿素a+b的含量最高,为 (2.494 ± 0.018) mg/g FW,桃红宫粉最低为 (1.9345 ± 0.023) mg/g FW,从高到低依次为美人梅>台阁朱砂>江南朱砂>碗形宫粉>桃红宫粉;7月以台阁朱砂的叶绿素a+b的含量最多,从高到低依次为台阁朱砂>桃红宫粉>美人梅>碗形宫粉>江南朱砂;9月从高到低依次为桃红宫粉>碗形宫粉>台阁朱砂>江南朱砂>美人梅,与5月相比较,美人梅的下降程度最大,7月和9月分别下降了65.69%和93.39%,桃红宫粉的下降程度最小,7月和9月分别下降了54.33%和71.03%。说明美人梅叶绿素含量受温度升高的影响波动较大,而桃红宫粉较小,叶绿素含量下降速度慢,对正常的生长影响相对较小。从叶绿素a/b看,在5月,梅花品种间差异不显著($P < 0.05$),表明叶片中叶绿素a与叶绿素b的比值相当的稳

定;较5月相比,7月和9月分别为差异极显著($P < 0.01$),其中,江南朱砂的叶绿素a/b值分别在7月和9月达到全部测量数据中的最大(9.902)和最小(0.185)。总体上看,各品种叶片组织中叶绿素a的含量变化随着自然温度的升高而降低的程度要明显小于叶绿素b的含量变化。

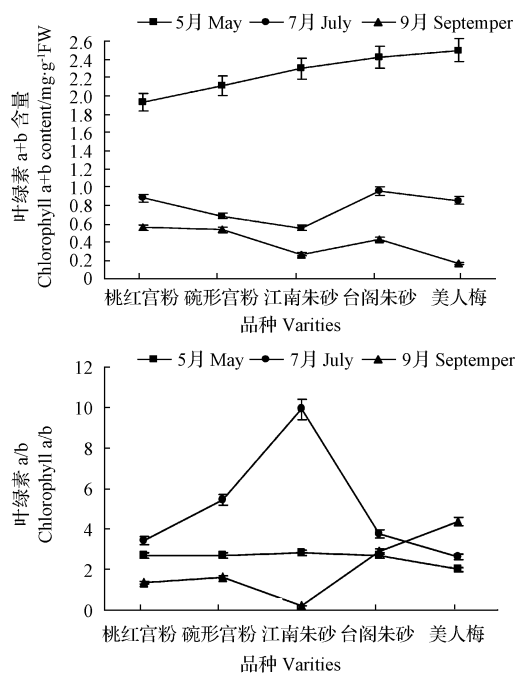


图1 叶绿素含量的动态变化

Fig. 1 The dynamic changes of chlorophyll content

2.2 超氧化物歧化酶(SOD)含量

清除活性氧的保护酶与细胞的抗性有关,保持较高保护酶的活性可以降低夏季高温对膜的伤害。相关研究表明^[8],不同种类的植物在各种逆境条件下的反应各不相同,SOD含量表现有升有降。由图2可知,5~9月间,5个梅花品种中叶片SOD活性均呈现先下降后上升再下降的趋势,说明高温能够在前期抑制SOD活性,之后体内可能又形成某种适应机制,SOD活性升高,但由于生理特性,叶片逐渐衰老,SOD活性终究不能恢复至前期水平。5月SOD活性高低顺序是:桃红宫粉>江南朱砂>台阁朱砂>碗形宫粉>美人梅;7月SOD活性高低顺序是:台阁朱砂>碗形宫粉>桃红宫粉>江南朱砂>美人梅;9月SOD活性高低顺序是:桃红宫粉>台阁朱砂>江南朱砂>碗形宫粉和美人梅,其中,美人梅SOD活性最大值在9月,其它4个品种最大值在5月;在5月和7月,不同品种叶片SOD活性差异显著($P < 0.05$);在9月不同品种叶片SOD活性差异不显著($P < 0.05$)。

2.3 抗氧化酶(POD)含量

由图3可知,5~9月间,5个梅花品种叶片POD活

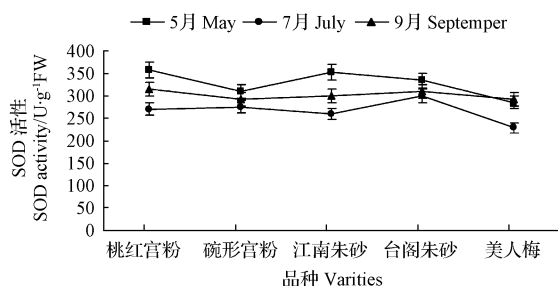


图2 超氧化物歧化酶(SOD)含量的动态变化

Fig. 2 The dynamic changes of SOD content

性均呈下降规律,说明夏季高温对 POD 活性起到抑制效应。5月台阁朱砂叶片 POD 活性最大为 $(956.776 \pm 372.059) \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,美人梅最小为 $(100.917 \pm 14.531) \text{ U} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$,但7月美人梅叶片 POD 活性较5月略有上升,9月台阁朱砂叶片 POD 活性较7月略有上升。在5月,不同品种叶片 POD 活性差异显著($P < 0.05$),在7月和9月不同品种叶片 POD 活性差异不显著($P < 0.05$)。此外,不同品种 POD 活性升降变化程度的不同,说明不同梅花品种对夏季高温干旱的响应是不一致的。

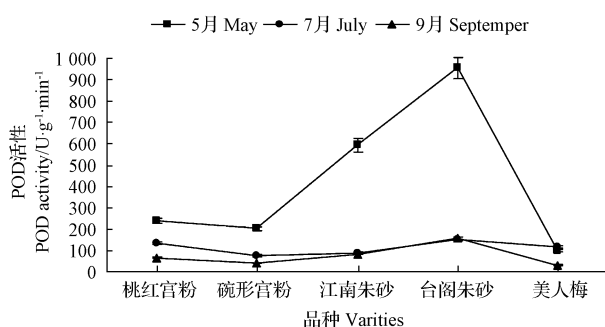


图3 超氧化物歧化酶(POD)含量的动态变化

Fig. 3 The dynamic changes of POD content

2.4 丙二醛(MDA) 活性

由图4可知,5~9月间,随着外界环境温度的变化,梅花各品种均产生了膜脂过氧化作用,MDA含量基本呈现上升趋势,唯独美人梅呈现下降趋势,说明不同品种MDA的积累速度和方式是不一样的。与5月相比,桃红宫粉丙二醛的含量7月和9月分别上升了75.14%、62.14%;碗形宫粉7月和9月分别上升了53.14%、75.36%;江南朱砂在7月和9月分别上升了54.8%、60%;台阁朱砂在7月和9月分别上升了18.88%、24.46%;而美人梅则分别下降了4.85%和30.39%。

2.5 叶片膜的热稳定性

细胞结构特别是膜结构的稳定性与植物的耐热性有密切关系^[9-10],细胞膜的热稳定性反应了植物耐热能力的大小。通常在高温条件下,细胞膜蛋白变性,膜脂

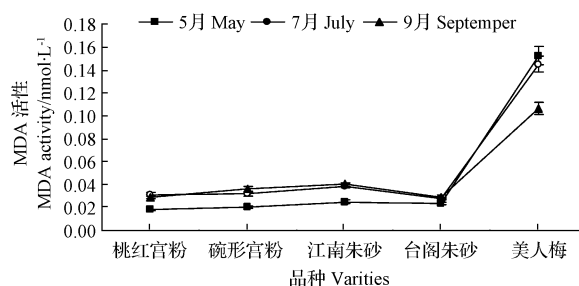


图4 丙二醛(MDA)含量的动态变化

Fig. 4 The dynamic changes of MDA content

液相化,膜透性增大,导致电解质大量外渗,从而表现出热损害,因此,细胞膜的热稳定性可以作为抗热性指标^[11]。由图5可知,在5~9月,各个梅花品种的电导率均呈现先上升后下降的趋势,且9月份的值比5月份为小(台阁朱砂除外),但在5~7月,各个梅花品种的电导率的升降幅度大不相同,其中,上升最明显的是台阁朱砂,上升幅度最小的是美人梅;同一品种不同月份间,电导率最大都在7月份,最小基本都在9月(台阁朱砂最小在5月);在5月和7月,不同品种叶片电导率差异显著($P < 0.05$)和差异极显著($P < 0.01$),在9月不同品种叶片电导率差异不显著。

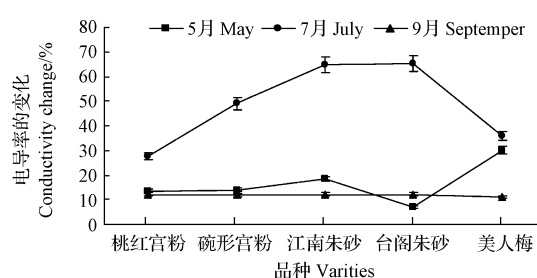


图5 膜的热稳定性(电导率的变化)

Fig. 5 Determination of thermal stability of the membrane (conductivity change)

2.6 叶片热稳定性蛋白含量

热激蛋白(HSPs)是相当大的一类蛋白质,它们分布于不同的细胞器中(细胞溶质、叶绿体、线粒体和内质网)。植物经过高温锻炼后,可以同时观察到高温下仍存活的蛋白和热激蛋白,有些蛋白质功能发生了改变,而不能适应的植物没有能力实现这些变化,所以热激蛋白被认为与植物的抗热性相关^[12-14]。由图6可知,在5~9月,除桃红宫粉外,同一品种不同月份间均呈逐渐下降的趋势。除桃红宫粉热稳定性蛋白含量最大值 $(122.3483 \pm 0.1808) \text{ mg/g}$ 在7月份外,其它4个品种的热稳定性蛋白含量最大值均在5月份,而5个品种的最小值均在9月份。其中,5月不同品种叶片热稳定性蛋白差异显著($P < 0.05$),而7、9月差异不显著。

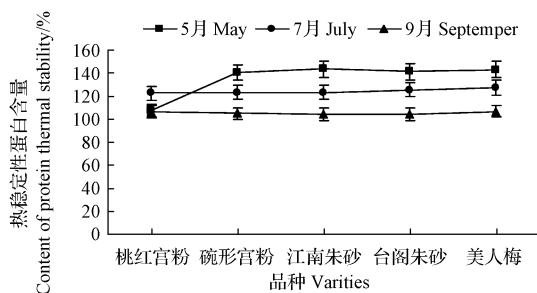


图6 热稳定性蛋白含量的变化

Fig. 6 Changes of content of protein thermal stability

3 结论与讨论

3.1 夏季高温干旱对梅花品种叶绿素含量的影响

叶绿素在植物的光合作用中对光能的吸收、传递和转化中起着极为重要的作用,其含量直接影响光合作用的强弱。有关研究表明,高温干旱胁迫会导致叶绿素含量下降和叶绿素 a/b 的比值发生变化,从而影响光合作用的速率。叶绿素 a/b 的比值代表着类囊体的垛叠程度,其值越小意味着类囊体的垛叠程度越小,光抑制越强,光合速率降低。叶绿素 a 与 b 含量的比值变化可以反映植物耐热性变化:比值越高,耐热性越强。叶绿素在植物体内处于不断的形成和分解之中,一般认为夏季气温高,加速了叶绿素的破坏过程,也抑制了其合成,因此,叶绿素含量呈下降趋势^[15-16]。该研究表明,5月5个品种的梅花叶片的叶绿素 a 含量、叶绿素 b 含量和总叶绿素的含量都显著高于7月和9月,这也反映了5月5个梅花品种生长状况及光合能力都比7月和9月强,说明高温加速了叶片叶绿素的丧失,从而影响到叶片的光合能力以及光合产物的运输,导致叶片衰老;试验中叶绿素 a/b 的比值在5月比7月低,但并不意味着后者的类囊体的垛叠程度高,光抑制弱,光合速率升高,而是因为叶绿素 a 含量的降解幅度大于叶绿素 b 才导致7月的比值升高。

总体上看,叶绿素含量与高温、抗氧化酶有一定的关系,其可能原因是高温降低了叶绿素的合成,活性氧的积累又加速了叶绿素的降解。在高温胁迫下,通常呈现出随着胁迫时间的延长叶绿素含量下降的趋势,且随着胁迫时间的延长下降的幅度愈大^[17]。

3.2 夏季高温干旱对梅花酶活性的影响

通常情况下植物体内活性氧的产生与清除总是处于动态平衡状态,夏季高温干旱胁迫会导致植物体内活性氧大量积累。Fridovich(1975)的自由基伤害学说认为,植物体内自由基大量产生会引起膜脂过氧化作用,形成有毒的过氧化产物丙二醛(MDA),造成膜系统的破坏,甚至细胞死亡。植物体活性氧自由基的清除方式是多种多样的,主要是通过抗氧化酶或能与活性氧自由基反应产生稳定产物的有机分子来进行。超氧化物歧

化酶(SOD)是植物体内清除活性氧系统的第一道防线,主要功能是清除氧自由基 O_2^- ,产物是 H_2O_2 和 O_2 ,抗氧化酶(POD)可以有效清除 H_2O_2 ^[18-20]。

植物逆境伤害的变化之一就是质膜过氧化后产生丙二醛(MDA),MDA 是细胞膜脂过氧化作用的产物之一,它的产生还能加剧膜的损伤。因此,丙二醛产生数量的多少能够代表膜脂过氧化的程度,也可间接反映植物组织的抗氧化能力的强弱。该研究表明,5~9月间,5个品种的 MDA 含量基本呈现上升趋势,唯独美人梅呈先升后降趋势,其中,美人梅 MDA 含量的变幅大,说明美人梅的细胞膜受到了很强的破坏。

POD 广泛存在于各种动物、植物和微生物体内,试验研究表明,从5~9月,5个品种的梅花 POD 活性总体呈下降趋势,5~7月 POD 活性下降幅度大,7~9月下降幅度小,说明高温对 POD 活性有明显的抑制效应,其活性的降低影响了植物体内活性氧的清除,加速了高温对细胞结构和功能的损伤,使叶片的正常的生理作用受阻,加快了衰老;SOD 活性的变化反映了植物对氧化损伤的修复能力。该试验研究表明,从5~9月,5个品种的梅花的 SOD 活性均呈现先下降后上升再下降的趋势,可见高温能够促进 SOD 活性的提高,以此来降低 O_2^- 对植物体造成的损伤,说明前期高温对梅花 SOD 活性有抑制作用,后期植物个体形成了一定的适应机制,相应提高了体内的 SOD 活性来减少高温的胁迫,但由于生理特性,叶片逐渐衰老,SOD 活性终究不能恢复至前期水平。

在适宜的高温下,细胞保护酶系统能被显著诱导并增强,保护植株免受高温胁迫的伤害,而当胁迫强度超出植株的耐受能力时,细胞保护酶系统则明显受抑甚至丧失,从而使植物的正常生长受到影响^[21-22],为此,从酶活性看,该试验可以初步判断,桃红宫粉、碗形宫粉的抵抗夏季高温的能力比较强,而江南朱砂和台阁朱砂则相对于其它几个品种较弱。

3.3 夏季高温对膜的热稳定性和热稳定性蛋白的影响

细胞结构特别是膜结构的稳定性与植物的耐热性有密切的关系,细胞膜的热稳定性反应了植物耐热能力的大小。高温胁迫下植物膜脂过氧化水平升高,膜蛋白与膜内脂的变化,从而改变膜透性,对植物造成高温伤害^[13,14]。该试验结果表明,5~9月,随着夏季温度的变化,各个品种的电导率基本呈现先上升后下降的趋势,在7月份,各个品种的电导率都最大,由此可见,随着胁迫温度的升高,细胞膜透性均呈增加趋势,同时,江南朱砂、台阁朱砂的电导率较大,可以初步推断,江南朱砂、台阁朱砂的耐热性较桃红宫粉、碗形宫粉和美人梅要弱。

高温胁迫能引起植物体蛋白质的变性和凝聚,从而

使植物遭受伤害,且高温条件下合成蛋白质的酶失活,因此蛋白质在高温胁迫下表现出随温度升高而下降的趋势^[23]。该试验结果也表明,随着温度的升高,各个品种的热稳定性蛋白的含量基本呈现下降趋势,其中桃红宫粉的耐热性较其它品种为强。

总体上看,桃红宫粉、碗形宫粉的抵抗夏季高温的能力比较强,而江南朱砂和台阁朱砂则相对于其它几个品种较弱,但受时间和品种所限,该试验只进行了初步研究,而且植物抗性受多种因素影响,孤立地用某一指标或者少数的几个指标来鉴定植物的耐热性往往局限性很大,很难客观准确地反映植物的抗性能力,也不利于揭示植物的抗性本质,因此,梅花的热害生理生化有待于更深入的研究而形成系统的综合评价。

参考文献

- [1] 陈俊愉. 中国梅花[M]. 海口:中国海南出版社,1996:2-5.
- [2] 王其超,包满珠,张行言. 梅花[M]. 上海:上海科学出版社,1998:1-36.
- [3] 张秦英. 抗寒梅花品种区域试验及离体培养的研究[D]. 北京:北京林业大学,2004:9-28.
- [4] 李庆卫. 川滇藏黔梅种质资源调查和抗寒梅花品种区域试验的研究[D]. 北京:北京林业大学,2010:9-33.
- [5] 曹慧娟. 创建“梅(*Prunus mume*)品种国际登录精品园”有感-陈俊愉教授与梅花[J]. 中国园林,2005(3):36-38.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2001:1-263.
- [7] 陈建勋,王晓峰. 植物生理学实验指导[M]. 2版. 广州:华南理工大学出版社,2006:1-106.
- [8] 杜秀敏,殷文璇,张慧,等. 超氧化物歧化酶(SOD)研究进展[J]. 中国生物工程杂志,2003,23(1):48-50.
- [9] 马德华,庞金安,霍振荣,等. 黄瓜对不同温度逆境的抗性研究[J]. 中国农业科学,1999,32(5):28-35.
- [10] 涂三思,秦天才. 高温胁迫对黄姜叶片中脯氨酸、可溶性糖和丙二醛含量的影响[J]. 湖北农业科学,2004(4):23-26.
- [11] 李成琼,宋洪元. 甘蓝耐热性鉴定研究[J]. 西南农业大学学报,1998,20(4):198-201.
- [12] Gulen H, Eris A. Effect of heat stress on peroxidase activity and total protein content in strawberry plants[J]. Plant Science,2004,166:739-744.
- [13] 李爱国,屈霞,李小科,等. 植物耐热性的研究进展[J]. 作物研究,2007,21(5):493-497.
- [14] 高侃侃,张德顺,王敏. 高温胁迫下植物抗性生理研究进展[J]. 园林科技,2008(1):1-5.
- [15] 杨思河,姚建华. 不同林分林木叶绿素含量及对叶绿素指标应用的想法[J]. 林业科技通讯,1984(6):7-10.
- [16] Chaitanya K V, Sundar D, Reddy A R. Mulberry leaf metabolism under high temperature stress[J]. Biologia Plantarum,2001,44:379-384.
- [17] 杨秋珍,李军,王金霞,等. 高温胁迫下甜瓜生理生态特性研究[J]. 中国生态农业学报,2003,11(1):20-22.
- [18] Bowler C, Montagu M V, Lnze D. Superoxide dismutase and stress tolerance[J]. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology,1992,43:83-116.
- [19] Arriqoani O, Gara L D, Tommasi F, et al. Changes in the ascorbate system during seed development of *Vicia faba* [J]. Plant Physiology,1992,99:235-238.
- [20] Ghoul H, Montpied P, Epron D, et al. Thermal optima of photosynthetic functions and thermostability of photochemistry in cork oak seedlings[J]. Tree Physiology,2003,23:1031-1039.
- [21] Lopez-Delgado H, Dat J F, Foyer C H, et al. Induction of thermotolerance in potato microplants by acetylsalicylic acid and H₂O₂ [J]. Journal of Experimental Botany,1998,49:713-720.
- [22] 吴杏春,林文雄,郭玉春. UV-B辐射增强对水稻叶片抗氧化系统的影响[J]. 福建农业学报,2001,16(3):51-55.
- [23] 黄希莲,宋丽莎. 植物耐热生理生化指标研究进展[J]. 黔南民族师范学院学报,2007(3):23-26.

Research on Physio-biochemistry Indexes of Heat Resistant of *Prunus mume* in Summer

LIU De-liang, LAI Wan-nian

(School of Life Sciences, Jiaying University, Meizhou, Guangdong 514015)

Abstract: Enzyme activity, membrane thermostability and thermal stability albumen were studied by collecting leaves of 5 varieties of *Prunus mume* in May, July and September, 2010. The results showed that *Prunus mume* ‘Taohong Gongfen’ and *Prunus mume* ‘Wanxing Gongfen’ had stronger thermal resistance ability during the high temperature in summer, secondly was *Prunus mume* ‘Meiren Mei’, while *Prunus mume* ‘Jiangnan Zhusha’ and *Prunus mume* ‘Taige Zhusha’ was relatively weaker. Chlorophyll content of different varieties of *Prunus mume* were inordinately degraded during the high temperature in summer, of which amplitude of chlorophyll content of *Prunus mume* ‘Taohong Gongfen’ were relatively small, and that of *Prunus mume* ‘Meiren Mei’ were relatively large; Malonyl dialdehyde(MDA) activity of 5 varieties of *Prunus mume* dropped but *Prunus mume* ‘Meiren Mei’ rised at first and lowered later, superoxide dismutase (SOD) activity lowered at first and rised later, and peroxidase (POD) activities decreased on the whole; Conductivity of membrane thermostability (thermal stability) increased and then decreased, and thermal stability albumen content basically decreased.

Key words: high temperature in summer; *Prunus mume*; thermal resistance ability; physio-biochemistry index