

高温胁迫对6个高羊茅株系生理指标的影响

周中亮,包满珠,王文恩

(华中农业大学园艺林学学院 园艺植物生物学教育部重点实验室,湖北 武汉 430070)

摘要:在人工气候箱中,对高羊茅品种‘佛浪’(*Festuca arundinacea* cv. Fine Lawn)原始株系及其辐射诱变后代中筛选的5个优良株系进行高温胁迫,然后通过研究各株系的生理生化指标变化特征,一方面比较6个株系的耐热性,另一方面试图为高温高湿地区鉴定和选育耐热的冷地型草坪草提供一定的理论基础。结果表明,随着高温胁迫时间的延长,各株系的伤害率、丙二醛和脯氨酸含量变化均呈升高趋势;叶绿素含量、可溶性蛋白质含量和超氧化物歧化酶活性整体变化趋势为先升高后降低;可溶性糖含量呈降低的变化趋势。通过隶属函数法对6个高羊茅株系的耐热性进行综合评价,强弱顺序为‘HN001’>‘HN005’>‘HN002’>‘HN006’>‘HN003’>‘HN004’。

关键词:高羊茅;耐热性;高温胁迫;生理生化指标

中图分类号:S540.34;Q945.78

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2011)07-1284-07

*¹ 高羊茅(*Festuca arundinacea*)是常用的冷季型草坪草,但不耐热,超出生长最适温度的高温会使其植株的生理代谢发生一系列的变化,如细胞膜透性增大、一些对高温敏感的酶活性下降、代谢失调、生长延缓、叶色退绿,甚至植株死亡等^[1]。随着全球气温的升高,高温成为制约冷地型草坪草最重要的生态因子,冷地型草坪草在我国南方存在难以越夏的困难^[2]。此外,国内在高羊茅引种和评价方面做的工作相对较多^[2-5],而在品种辐射诱变后,对其诱变后代的优良变异株系进行理化特征的研究方面,报道很少。

本研究以高羊茅品种‘佛浪’(*F. arundinacea* cv. Fine Lawn)原始株系及⁶⁰Co- γ 其辐射诱变后代中筛选的5个优良株系为供试材料,通过人工高温逆境胁迫对伤害率、丙二醛(MDA)含量、游离脯氨酸(Fpro)含量、叶绿素(Chl)含量、可溶性蛋白质(SP)含量、可溶性糖(Wss)含量及超氧化物歧化酶(SOD)活性7个指标进行研究分析,一方面比较6个材料的耐热性,另一方面试图探明高温胁迫下高羊茅植株生理反应变化规律,对于长江中下游高温高湿地区鉴定和选育耐热的冷地型草坪草提供一定的理论基础。

1 材料与amp;方法

1.1 试验材料 供试品种为高羊茅‘佛浪’,从武汉现代生态科技有限公司购进,由美国杰克琳公司

生产。试验材料为园艺植物生物学教育部重点实验室于2005年3月在湖北省农科院辐照中心进行⁶⁰Co- γ 辐照处理后撒播于华中农业大学花卉教学基地试验小区内又经自交1代筛选后,最终于2008年1月对筛选出的优良植株进行分株定植后保存下来的无性繁殖株系。6个试验材料均采用分株繁殖,定植株行距为30 cm \times 30 cm,种植小区面积2 m \times 4 m,栽培基质为加入河砂改良的黄壤土,日常管理相同。为了便于记录,对照编号为‘HN001’,其他优良株系编号依次为‘HN002’、‘HN003’、‘HN004’、‘HN005’和‘HN006’。

1.2 试验方法 将供试高羊茅材料种植在口径20 cm、高22 cm的塑料花盆内,栽培基质为泥炭土:珍珠岩=3:1(体积比),每盆装等量基质(至离花盆上沿3 cm),统一进行日常养护管理。置于华中农业大学花卉教学基地露地栽培场上,自然光照条件,白天/夜间温度为(10~18) $^{\circ}$ C/(−5~6) $^{\circ}$ C,每周浇水3次,每次浇水直至水从盆底流出为止,每月施尿素和复合肥1次。生长3个月后,每个株系选生长较整齐、健壮的3盆植株移入人工气候箱中进行高温胁迫。第1天温度设26 $^{\circ}$ C/18 $^{\circ}$ C(昼/夜,接近最适生长温度)为对照,处理胁迫条件自第2天

收稿日期:2010-10-11 接受日期:2010-11-25
作者简介:周中亮(1984-),男,山东临沂人,在读硕士生,从事园林植物育种工作。E-mail:369800239@qq.com
通信作者:王文恩 E-mail:wwe@mail.hzau.edu.cn

起为温度 40 °C/30 °C (昼/夜),光照强度为 3 000 lx,光照周期为 10 h,暗处理 14 h。分别在处理第 1、2、3、4、5、6 天取均匀一致、外观大小相同、形态相似的完整叶片,测定伤害率、MDA 含量、Fpro 含量、Chl 含量、SP 含量、W_{ss} 含量及 SOD 活性。每处理 3 次重复。

1.3 试验指标与测定方法 伤害率采用电导法^[6];Chl 含量的测定采用丙酮与乙醇(体积比 1:1)混合液浸提法^[7];MDA 含量的测定采用硫代巴比妥酸显色法^[6];Fpro 含量采用酸性茚三酮显色法^[6];SP 含量的测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[6];SOD 活性的测定采用超氧化物歧化酶试剂盒(南京建成生物工程研究所生产);W_{ss} 含量的测定采用蒽酮比色法^[6]。

1.4 数据分析 试验数据采用 Excel 2010 整理, SAS 9.1 软件对数据进行方差分析,并利用隶属函数值进行对 6 个株系的耐热性进行综合评价。

1.4.1 隶属函数值

如果指标与耐热性呈正相关,隶属函数值为:

$$U(X_j) = \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad j=1,2,3,\dots,n。$$

如果指标与耐热性呈负相关,隶属函数值为:

$$U(X_j) = 1 - \frac{X_j - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}, \quad j=1,2,3,\dots,n。$$

式中, X_j 为第 j 个因子的得分值, X_{\min} 为第 j 个因子得分的最小值, X_{\max} 为第 j 个因子得分的最大值。

1.4.2 权重 权重系数依据各指标的相对重要性(根据主成分分析中的方差贡献结合专家意见校正)算出,本研究中各项指标权重分别为:伤害率, $W_1 =$

0.211;SP, $W_2 = 0.132$;Chl, $W_3 = 0.078$;MDA, $W_4 = 0.207$;W_{ss}, $W_5 = 0.125$;Fpro, $W_6 = 0.145$;SOD 活性, $W_7 = 0.102$ 。

1.4.3 综合评价

$$D = \sum_{j=1}^n [U(X_j) \cdot W_j], \quad j=1,2,3,\dots,n。$$

式中, D 为材料在高温条件下用综合指标评价所得的耐热性综合评价, W_j 为第 j 个因子的权重。

2 结果

2.1 高温胁迫对伤害率的影响 高温下,随着胁迫时间的延长,6 个高羊茅供试材料的伤害率值均呈增大趋势(图 1)。第 1 天时各株系的伤害率分别为 11.60%、8.40%、8.53%、9.45%、10.21% 和 11.27%;第 6 天时各株系伤害率已分别达到 23.29%、34.28%、95.29%、98.93%、33.96% 和 42.62%,分别比第 1 天的各株系伤害率增长了 1.01、3.08、10.17、9.47、2.33、2.78 倍,其增幅顺序为‘HN003’>‘HN004’>‘HN002’>‘HN006’>‘HN005’>‘HN001’。

2.2 高温胁迫对叶绿素含量的影响 各株系不同胁迫时间的 Chl 含量变化都存在着差异,整体呈先上升后下降的趋势(图 2)。“HN001”和“HN002”株系 Chl 含量变化起伏不大,相对平缓,总体呈下降趋势,从第 1 天的 2.99 和 3.00 mg/g 一直减少到第 6 天的 2.49、2.12 mg/g,降幅分别为 16.72% 和 29.33%,说明“HN001”耐热性较强。“HN003”株系,Chl 含量从第 1 天到胁迫的第 4 天一直下降,由 3.49 下降到 2.88 mg/g,降幅为

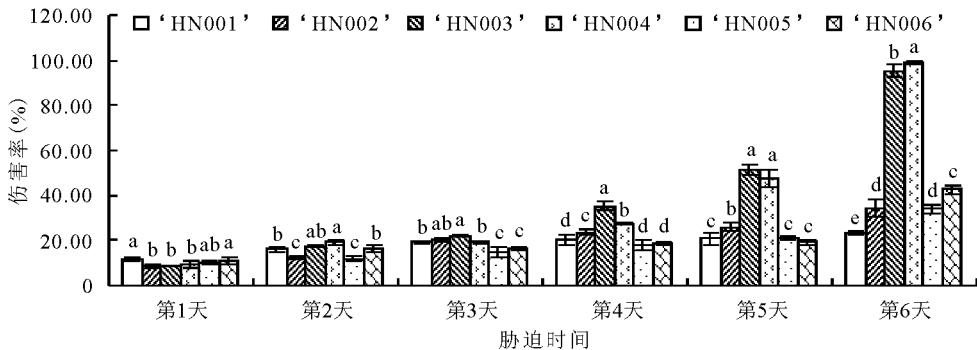


图 1 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系伤害率的变化

注:图中不同小写字母表示同一时间不同株系间差异显著($P < 0.05$)。下图同。

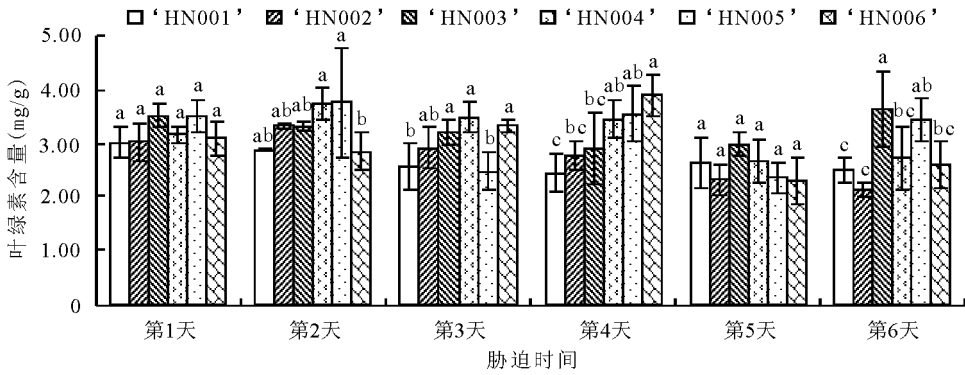


图2 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系叶绿素含量的变化

17.48%；后来随着热胁迫的加剧，第 5 天增长到 2.96 mg/g，第 6 天突然增长到 3.61 mg/g，反而比对照增长了 3.44%，说明此植株比较耐热；‘HN004’、‘HN005’和‘HN006’株系总体呈先增长后下降趋势，胁迫第 2 天‘HN004’和‘HN005’的 Chl 含量分别增长到 3.71、3.73 mg/g，比第 1 天增长了 18.53%和 7.49%，第 6 天又分别下降到 2.70、3.41 mg/g，从含量变化看‘HN005’比较稳定，耐热性比‘HN004’强；‘HN006’ Chl 含量一直增长到胁迫的第 4 天，达到 3.86 mg/g，比第 1 天增长了 25.73%，第 6 天时又下降到 2.60 mg/g，比第 1 天下降了 15.31%。

2.3 高温胁迫对丙二醛含量的影响 从图 3 可看出胁迫时间越长，各株系 MDA 含量就越高。第 5 天，6 个株系 MDA 含量分别比第 1 天增长了 3.01%、54.24%、115.95%、31.44%、28.01% 和 41.80%；‘HN003’增长幅度比较大，表明其抗性弱。第 6 天时表现得尤为突出，‘HN003’和‘HN004’的 MDA 含量分别达到 20.50 和 23.40

$\mu\text{mol/g}$ ，分别为第 1 天的 301.07%和 297.11%，明显高于其他 4 个株系的 MDA 含量，‘HN001’、‘HN002’、‘HN005’和‘HN006’的 MDA 含量值分别为 12.46、12.66、13.68 和 10.94 $\mu\text{mol/g}$ 。结果表明，‘HN003’和‘HN004’的细胞膜脂被过氧化程度比较严重，抗性较弱；其他 4 个株系细胞膜脂过氧化程度较低，抗性较强。

2.4 高温胁迫对游离脯氨酸含量的影响 第 1 天 6 个株系 Fpro 含量分别为 49.33、49.96、37.53、23.96、17.69 和 17.06 $\mu\text{g/g}$ ；而高温处理到第 6 天时其含量分别为 186.45、141.02、111.68、126.09、155.22 和 143.42 $\mu\text{g/g}$ ，Fpro 含量变化各株系均显著，因株系的耐热程度不同，其增长幅度又有所差异，分别增长了 2.78、1.82、1.98、4.26、7.77、7.41 倍(图 4)。结果表明，‘HN005’和‘HN006’在遇到高温环境时，其体内 Fpro 的含量往往会显著增加，以更好地适应高温环境；‘HN002’和‘HN003’则适应能力较弱；‘HN001’和‘HN004’对热适应能力居中。

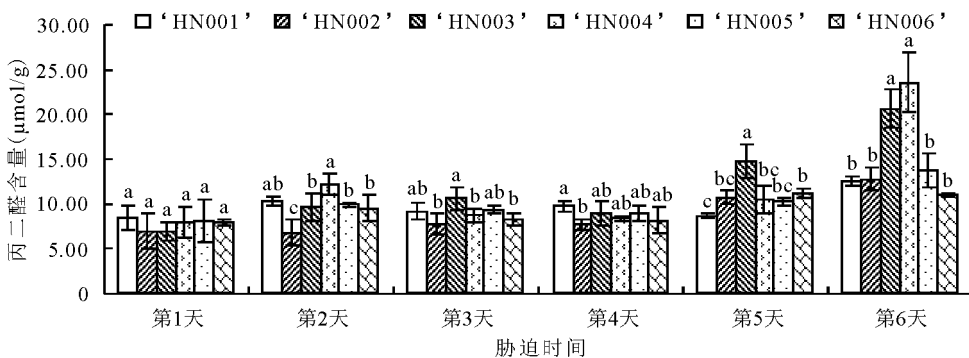


图3 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系丙二醛含量的变化

2.5 高温胁迫对可溶性蛋白质含量的影响

高羊茅各株系叶片中 SP 含量呈先上升后下降的变化趋势(图 5)。经过高温处理,开始一段时间叶片 SP 含量都呈升高趋势,第 4 天时各株系都达到峰值,分别是第 1 天含量的 1.42、1.92、1.53、1.59、1.77 和 1.64 倍,‘HN002’、‘HN005’和‘HN006’增长幅度较大,在此时期能迅速做出反应,提高 SP 含量,保持渗透势,从而更好地适应高温环境。4 d 后 SP 含量又开始降低,第 6 天时降到最低水平,表明胁迫程度的加剧破坏了植株的调节机制,影响植物

的正常生长,植株的耐热性开始下降。‘HN004’、‘HN005’和‘HN006’第 6 天时含量降幅较大,分别比第 4 天下降了 63.21%、56.33%和 61.30%,说明其受热害的影响较大。相比第 1 天,第 6 天各株系含量分别下降了 22.98%、2.89%、25.74%、41.48%、22.83%和 36.39%,下降的幅度顺序为‘HN004’>‘HN006’>‘HN003’>‘HN001’>‘HN005’>‘HN002’。结果表明,热胁迫对‘HN004’、‘HN006’和‘HN003’株系影响较明显,其耐热性较差;其他 3 个株系耐热性较强。

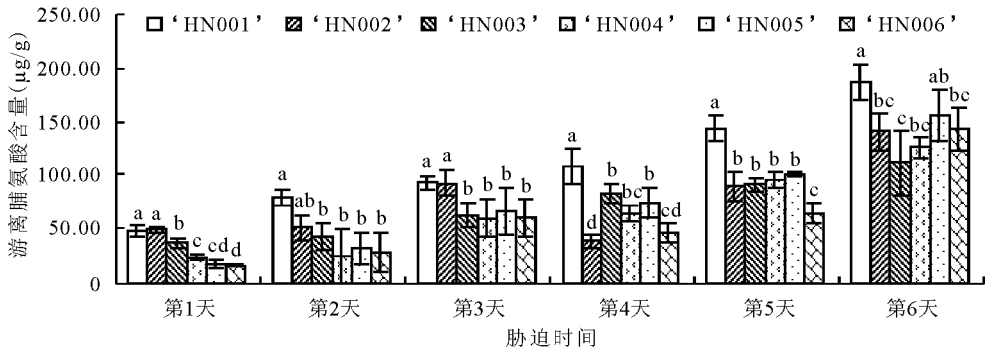


图 4 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系游离脯氨酸含量的变化

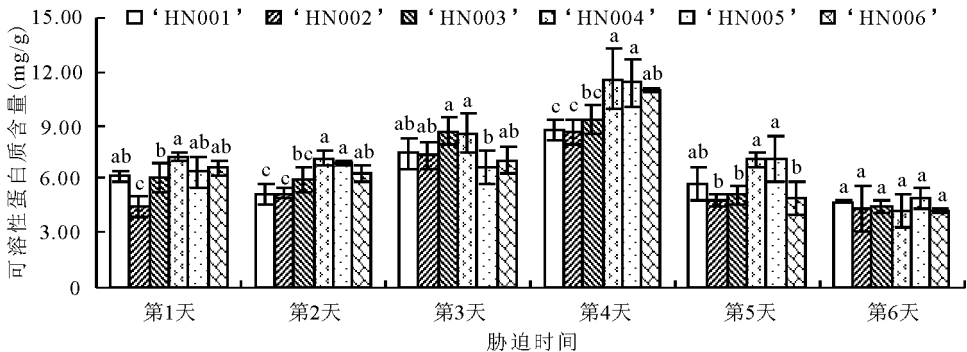


图 5 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系可溶性蛋白质含量的变化

2.6 高温胁迫对超氧化物歧化酶活性的影响

各材料间的 SOD 活性变化存在着明显的差异,整体都呈现先上升后下降的变化趋势(图 6)。除‘HN005’外,各株系高峰值均出现在第 2 天,表明各株系对热害都及时启动了调节机制,但是变化幅度不同,‘HN002’和‘HN003’增幅较大,其值比对照组分别增长了 1.30 和 1.07 倍,说明其遇到逆境时做出的反应比较快,能迅速做出适应性的调节,热适应性比较强。之后各株系的 SOD 活性都减弱,第

6 天时其活性值分别为 521.11、639.72、429.72、293.61、542.50 和 612.50 U/g。结果表明,‘HN002’和‘HN006’活性值较大,其耐热性最强;‘HN004’和‘HN003’活性值较小,其耐热性较弱;‘HN005’和‘HN001’活性值居中,耐热性中等。

2.7 高温胁迫对可溶性糖含量的影响

Wss 含量变化随着胁迫时间的延长整体呈降低趋势,但是各株系含量有着明显的差异(图 7)。6 个株系 Wss 含量第 1 天分别为 21.76、14.30、12.73、8.21、

20.32 和 8.37 mg/g;随着胁迫时间的延长,各株系 Wss 含量呈下降趋势,到第 6 天时各株系含量只有 6.03、5.58、2.82、2.95、3.08 和 3.61 mg/g。整个处理过程中,各株系的 Wss 含量均值依次为 10.35、7.03、6.18、4.95、7.89 和 4.85 mg/g,此结果表明,‘HN001’和‘HN005’能更好地适应高温胁迫,因为

Wss 含量较高,可以维持细胞膨压,更好地保持细胞内的水分含量,从而保证植物正常生长;‘HN002’和‘HN003’含量次之,表明其耐热性较差;‘HN004’和‘HN006’Wss 含量最低,因不能维持正常的渗透平衡而趋向死亡。

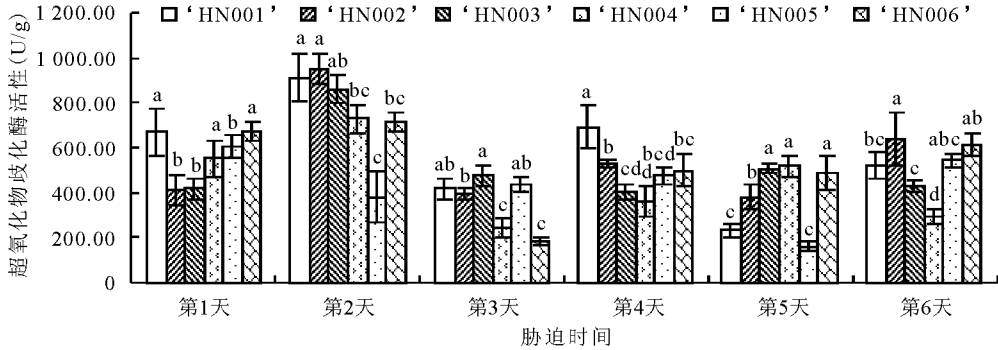


图 6 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系超氧化物歧化酶活性的变化

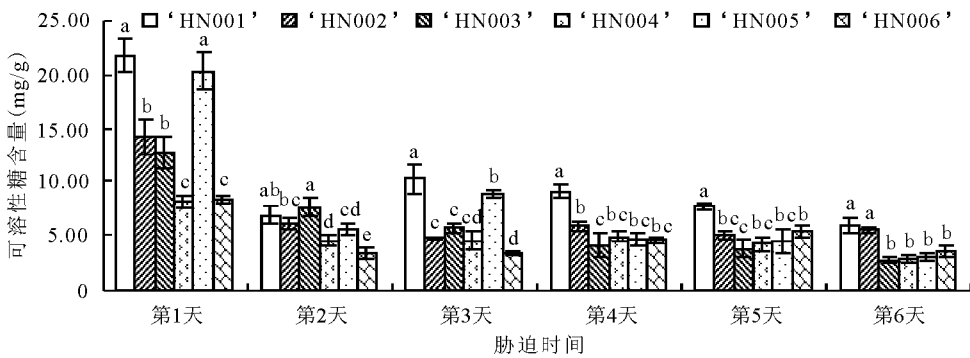


图 7 40 °C 不同胁迫时间下 6 个高羊茅株系可溶性糖含量的变化

2.8 隶属函数法综合评价 供试各株系耐热性的综合评价的大小反映各材料的综合耐热能力的大小,综合评价值越大表明越耐热。通过计算得出 6 个株系的综合评价值大小分别为 0.108、0.084、

0.037、0.036、0.088、0.076。从综合评价指标可以看出,6 个株系的耐热性强弱顺序依次为 ‘HN001’>‘HN005’>‘HN002’>‘HN006’>‘HN003’>‘HN004’(表 1)。

表 1 40 °C 下高羊茅各株系的耐热性综合评价

株系	伤害率	可溶性蛋白质	叶绿素	丙二醛	可溶性糖	游离脯氨酸	超氧化物歧化酶活性	隶属度均值	综合评价值
‘HN001’	0.986	0.283	0.000	0.670	1.000	1.000	1.000	0.706	0.108
‘HN002’	0.872	0.000	0.117	1.000	0.396	0.343	0.843	0.510	0.084
‘HN003’	0.000	0.436	1.000	0.000	0.243	0.228	0.585	0.356	0.037
‘HN004’	0.071	1.000	0.912	0.013	0.019	0.116	0.115	0.321	0.036
‘HN005’	1.000	0.770	0.870	0.591	0.552	0.287	0.000	0.582	0.088
‘HN006’	0.878	0.472	0.583	0.821	0.000	0.000	0.666	0.489	0.076

3 讨论与结论

伤害率代表高羊茅叶片细胞膜的相对透性,伤害导致膜透性变化,电解质渗透量增加^[8]。膜透性的大小反映质膜受伤害的程度,数值越大,质膜受伤害程度越大^[9-10]。植物器官衰老或在逆境下遭受伤害,往往发生膜脂过氧化作用。由于丙二醛是膜脂过氧化作用的产物之一,通常利用它作为膜脂过氧化指标表示细胞膜脂过氧化程度和植物对逆境条件反应的强弱^[4]。在植物所含的氨基酸中,以脯氨酸的渗透作用最为有强,当植物处于逆境胁迫下,脯氨酸合成酶类对脯氨酸的反馈抑制的敏感性降低,导致体内游离脯氨酸含量增加^[11]。伍世平等^[12]在对8种草坪禾草的抗逆性研究中,采用高温(40~50℃)处理,也发现高羊茅体内游离脯氨酸的含量明显升高。

本研究发现,随着胁迫时间的延长,6个高羊茅供试株系的伤害率、丙二醛和游离脯氨酸含量一直呈上升趋势,与许多研究^[2-3,13-14]结果一致。伤害率和丙二醛含量在第6天时变化尤为显著,尤其是‘HN003’和‘HN004’变化率剧增,表明其耐热性较差。

超氧化物歧化酶是植物体内清除超氧自由基最关键的保护酶之一,它能够消除细胞内由于逆境而引起的过氧化作用,其活性大小可以反映出植物对逆境的适应能力^[10]。本研究中高羊茅各株系超氧化物歧化酶活性均呈先升高后下降的趋势,其值越大,抗性越强,这与韩春梅^[3]研究结果一致。第2天时‘HN005’呈下降趋势,可能是刚开始受到高温胁迫打乱了植株正常的生理功能,暂时的不适应导致了超氧化物歧化酶合成受阻^[14]。可溶性蛋白质含量随高温胁迫时间的延长,呈先上升后下降的趋势,可能是因为当细胞遭受短期高温胁迫时热激蛋白的表达水平会显著增加,而且其可以防止细胞中蛋白变性^[14-16],故而使蛋白质含量呈升高趋势;经过一段时间后含量又下降,可能是长时间的高温胁迫,加剧了蛋白质的分解^[14]。叶绿素含量随着胁迫程度的加强,也呈现先上升后下降的趋势,与许多研究^[1,14,17]结果不一致。原因可能是短期高温胁迫下,温度的升高可以使草坪草的光合作用加强,因此叶绿素含量上升;但持续的高温胁迫造成了叶绿体

的变形和片层结构的破坏。Havaux^[18]认为损害的原始位置是位于类囊体膜中的光合系统,从而导致叶绿素含量下降。Liu和Huang^[17]发现草地早熟禾(*Poa pratensis*)在持续高温环境下叶绿素含量下降;韩春梅^[3]也通过试验证明随着高温胁迫时间的延长,叶绿素含量总体呈下降趋势。此外,高温胁迫下必然面临着干旱胁迫,尽管保持一样的湿度环境,一致的水管理,但因各株系之间存在的差异(叶片大小、密度以及质地等),导致其持水能力不同,叶片的干湿程度也不同,各株系等量叶片中所含的叶绿素的含量差异也会有所不同;罗少波等^[19]认为,高温处理后叶绿素含量变化没有一定的规律性,不能作为大白菜(*Brassica campestris*)耐热性鉴定的指标。

本研究中可溶糖含量随胁迫时间的延长,总体呈递减趋势,其变化趋势与其他研究^[7,20]结果不一致,可能原因是40℃是叶绿素形成的最高温度,而且影响了酶的活性,因此高温胁迫会大大降低叶绿素的合成速率^[16],进而减弱植物的光合作用,减少碳水化合物的合成,而且植物维持生长必然也会消耗碳水化合物和能量,更加剧了碳水化合物的减少;尤其随着胁迫时间的延长,可溶性糖的合成速率和分解速率进一步受到影响,致使其含量变化呈降低趋势。研究^[2,17]证明,含糖量高的株系,表现出较强的耐热性,可能是由于糖含量高,可以增强细胞持水力,提高其渗透调节作用,保证植株的正常生长。

植物的耐热性是一个受多因素影响、复杂的数量性状,且不同植物的耐热机制也不尽相同,使得不同种类植物对某一具体指标的耐热性反应也不一定相同。因此,用单一指标难以全面、准确地反映植物耐热性的强弱,必须用多个指标进行综合评价^[21-22]。郑文俊^[14]也认为,单一的指标有时无法准确地反映植株的实际耐热能力,结合隶属函数法,可得到各品种耐热性的综合评价,从而能比较科学地对植物的耐热性进行评价。本研究通过对7个生理指标的综合评价,得出高羊茅‘佛浪’原始株系和其5个优良变异株系的耐热性强弱顺序为‘HN001’>‘HN005’>‘HN002’>‘HN006’>‘HN003’>‘HN004’。

参考文献

- [1] 韩春梅,张新全,刘明秀,等.高羊茅耐热性的研究概况[J].四川草原,2004(12):30-33.
- [2] 张庆峰,徐胜,李建龙.高温胁迫下高羊茅生理生化特性研究[J].草业科学,2006,23(4):26-28.
- [3] 韩春梅.18个高羊茅品种(系)耐热性及其坪用价值比较研究[D].雅安:四川农业大学,2005.
- [4] 张远兵,刘爱荣,张雪平.13个冷季型草坪草品种在蚌埠地区的适应性研究[J].草业科学,2009,26(4):127-133.
- [5] 郭玉春,余高镜,曾建敏.温度胁迫下外引高羊茅活性氧代谢与细胞膜透性的变化[J].草业科学,2003,20(2):4-8.
- [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,2005.
- [7] 洪法水,魏正贵,赵贵文.菠菜叶绿素的浸提和协同萃取反应[J].应用化学,2001,18(7):532-535.
- [8] Blum A, Eberson A. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat [J]. Crop Science, 1981, 21: 43-47.
- [9] 赵海明,刘君,杨志民.夏季高温对不同草地早熟禾品种坪用质量的影响[J].草业科学,2010,27(1):4-10.
- [10] 张朝阳,许桂芳.利用隶属函数法对4种地被植物的耐热性综合评价[J].草业科学,2009,26(2):57-60.
- [11] 汤章城.植物抗逆性生理生化研究的某些进展[J].植物生理学通讯,1991,27(2):146-148.
- [12] 伍世平,王君健,于志熙.8种草坪草的抗逆性研究[J].武汉植物学研究,1995,13(1):75-80.
- [13] 吴雪霞,查丁石,邵翔.低温胁迫对茄子幼苗生长、抗氧化酶活性和渗透调节物质的影响[J].江苏农业学报,2008,24(4):471-475.
- [14] 郑文俊.六种菊属植物的耐热性研究[D].武汉:华中农业大学,2004.
- [15] 李争艳,徐智明.牧草和草坪草耐热性研究进展[J].草业科学,2010,27(9):128-133.
- [16] 潘瑞炽.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2004.
- [17] Liu X Z, Huang B R. Heat stress injury in relation to membrane lipid peroxidation in creeping bentgrass [J]. Crop Science, 2000, 40(2): 503-510.
- [18] Havaux M. Temperature sensitivity of the photochemical function of photosynthesis in potato (*Solanum tuberosum*) and a cultivated Andean hybrid (*Solanum juzepczukii*) [J]. Journal of Plant Physiology, 1995, 146: 47-53.
- [19] 罗少波,李智军,周微波,等.大白菜品种的耐热性鉴定方法[J].中国蔬菜,1996(2):16-18.
- [20] Emmons R D. Turfgrass Science and Management [M]. 2nd edition. New York: Delmar publishers, 1994: 62-81.
- [21] 周群初,马艳青.蔬菜耐热性研究现状及展望[J].长江蔬菜,2000(3):40-43.
- [22] 马晓娣,彭惠茹,汪矛,等.作物耐热性的评价[J].植物学通报,2004,21(4):411-418.

Effect of high temperature stress on physiological indexes of six lines of tall fescue

ZHOU Zhong-liang, BAO Man-zhu, WANG Wen-en

(College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University;

Key Laboratory of Horticultural Plant Biology, Ministry of Education, Hubei Wuhan 430070, China)

Abstract: An experiment was conducted to monitor the effect of high temperature stress on physiological indexes of the original lines and six lines and five better offspring from irradiated mutants of tall fescue in the artificial climate chamber for comparing the heat tolerance of six lines and providing the reliable theory basis for selecting cool-season turfgrasses with strong heat tolerance. This study showed that the injury rate of all lines, the MDA and proline content increased, and that the activity of superoxide dismutase (SOD), chlorophyll and soluble protein content firstly increased, and then decreased, and that the soluble sugar content decreased as the high temperature stress time continued. Based on subordinate function analysis, a comprehensive evaluation indicated that the order of heat resistance of six lines followed the pattern with 'HN001' > 'HN005' > 'HN002' > 'HN006' > 'HN003' > 'HN004'.

Key words: tall fescue; heat tolerance; high temperature stress; physiological and biochemical indicators