

21 个高羊茅品种抗旱抗热性的生理评价

谢晓蓉^{1,2}, 李 唯^{1*}, 刘金荣², 杜建雄^{1,3}

(1. 甘肃农业大学生命科学学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 河西学院生物系, 西部资源环境化学重点实验室, 甘肃 张掖 734000; 3. 贵州财经学院资源与环境管理学院, 贵州 贵阳 550004)

摘要: 在遮雨温室对 21 个高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.) 品种进行高温干旱(干热)胁迫处理, 观测草坪质量, 叶片相对电导率, 叶片相对含水量, 超氧化物歧化酶活性, 过氧化氢酶活性和丙二醛含量的变化。结果表明, 各品种的草坪质量, 叶片相对含水量, 超氧化物歧化酶活性, 过氧化氢酶活性均呈下降趋势, 叶片相对电导率和丙二醛含量呈上升趋势。其中, 贝克、汤凯、火凤凰、红宝石、猎狗 5 号、野马二代、艾瑞 3 号的叶片相对含水量, 草坪质量, 超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性下降幅度显著低于快乐岛、阿帕奇、阿拉比亚、三丰($P < 0.05$), 其叶片相对电导率和丙二醛含量上升幅度也较低, 说明干热胁迫对快乐岛、阿帕奇、阿拉比亚、三丰的伤害较其他品种大。层次聚类分析后, 高羊茅 21 个品种大致被分为 3 个抗旱抗热级别, 即贝克、汤凯、火凤凰、红宝石、猎狗 5 号、野马二代、艾瑞 3 号为相对抗旱抗热类群, 交战 2 号、特飒、滨狗、凌志、澳格、佳美、警犬、美洲豹 3 号、沙漠王子、追寻者为中等抗旱抗热类群, 快乐岛、阿帕奇、阿拉比亚、三丰为相对敏感类群。

关键词: 高羊茅; 抗旱; 抗热; 生理反应; 层次聚类分析

中图分类号: S688.4 文献标识码: A 文章编号: 1007-0435(2009)02-0202-04

Physiological Evaluation of Drought and Heat Resistance for 21 Tall Fescue Turfgrass

XIE Xiaorong^{1,2}, LI Wei^{1*}, LIU Jinrong², DU Jianxiong^{1,3}

(1. College of Life Sciences and Technology, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu Province 730070, China; 2. Key Laboratory of Resources, Environment and Chemistry of West China, Department of Biology, Hexi College, Zhangye, Gansu Province 734000, China.; 3. School of Resources and Environmental Management, Guizhou College of Finance and Economics, Guiyang, Guizhou Province 550004, China)

Abstract: 21 tall fescue cultivars were treated under simultaneous drought and heat stress in rain shading greenhouse. Turfgrass quality was evaluated and leaf relative electrolyte leakage, relative water content, superoxide dismutase, catalase activity, and malondialdehyde content were measured. Results indicate that turfgrass quality, relative water content, superoxide dismutase, and catalase activity of each cultivar showed a decreasing trend, while leaf relative electrolyte leakage and malondialdehyde content showed an increasing trend. Moreover, the decreasing amount of relative water content, turfgrass quality, superoxide dismutase, and catalase activity and the increasing amount of leaf relative electrolyte leakage, and malondialdehyde content for Pixie, Tomcat, Fire phoenix, Ruby, Houndog V, Mustang II, and Arid III were lower ($P < 0.05$) than those for Avalon, Apache, Arabia, and Triple yield, which suggest that the drought and heat stresses caused heavier injury to Avalon, Apache, Arabia, and Triple yield than other tall fescue cultivars. Through hierarchical clustering analysis, 21 tall fescue cultivars were clustered into three drought and heat resistance grades. Pixie, Tomcat, Fire phoenix, Ruby, Houndog V, Mustang II, and Arid III were clustered in the relative drought and heat resistance group; Crossfire II, Tulsa, Bingo, Barlexas, Olga, Gooden, Watchdog, Jaguar III, Safari, and Quest were the moderate drought and heat resistance group; Avalon, Apache, Arabia, and Triple yield were the low drought and heat resistance group. The results of the study will provide the theoretical evidence for turfgrass screening and introduction in arid regions.

Key words: Tall fescue; Drought resistance; Heat resistance; Physiological response; Hierarchical clustering analysis

收稿日期: 2007-11-30; 修回日期: 2009-02-15
基金项目: 甘肃省自然科学基金(0803RJZG033)、甘肃省教育厅科研项目(080903)、甘肃农业大学科技创新基金(GAU-Cx0515)
作者简介: 谢晓蓉(1967), 女, 甘肃张掖人, 博士研究生, 教授, 主要从事草坪抗逆性方面的研究, E-mail: XR@hxy.edu.cn; * 通讯作者
Author for correspondence, E-mail: liwei@gsau.edu.cn

对草坪草生长发育和生理特性影响的研究是抗逆新品种选育和草坪建植的理论基础, 相关研究较多。Jiang Yiwei^[1]研究了2种冷季型早熟禾在干热同时胁迫下的生理反应, 认为草坪质量、叶片相对含水量和叶绿素含量的下降与抗氧化酶活性下降及膜质过氧化反应增加有关。Liu Jinrong^[2]研究认为早熟禾在干热同时胁迫下受到的伤害程度远大于在单独的干旱或高温胁迫。李艳秋等^[3]对高羊茅等草坪草在干旱处理下的生理反应进行了研究并对其进行抗旱性评价; 刘金荣^[4]等通过对21个草坪草的生态指标应运灰色关联度的分析方法对其质量和生态适应性进行了综合评价。层次聚类分析法是一种很好的质量评价方法^[5], 已广泛地应用于其他领域质量评价体系。

本试验以21个高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.) 草坪草品种为材料, 揭示其在干热胁迫下的生理生态变化规律, 并应用层次聚类方法综合分析评价其抗旱抗热性, 为今后在干旱地区选择适宜草坪草种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

21个高羊茅品种的种子由中种集团提供, 均为近十年来在甘肃兰州及河西走廊地区常用品种。2004年5月种植于甘肃农业大学草业学院试验地。

1.2 试验设计

试验于遮雨温室进行。2005年5月3日将已成坪的草皮移栽到PVC管中(直径10 cm, 高48 cm, 底部封口, 距底部2 cm的侧面取2个直径0.8 cm的小孔用于漏水通气。管底放置5 cm的砾石层, 5 cm的有机肥和36 cm的灭菌园土)。完全随机区组设计, 重复3次。培养1个月, 在此期间, 施肥(N:P:K=16:4:8)2次, 每周浇2次透水, 刈剪高度5 cm。6月6日开始干热胁迫, 处理25 d, 期间白天和夜间温度为29℃~39.5℃和22℃~29℃, 每5 d对草坪草进行各项指标测定。

1.3 测定指标

1.3.1 叶片相对含水量 采取鲜叶, 立即在室内称取鲜重, 再浸入水中24 h, 取出后吸干表面水分称吸涨重, 在80℃烘箱内烘干至恒重, 称取干重, 计算叶片含水量^[6]。相对含水量=(鲜重-烘干重)/(吸

涨重-烘干重)×100%。

1.3.2 叶片相对电导率 称取鲜叶0.2 g, 加去离子蒸馏水6 mL, 5℃恒温浸提30 min, 用DDS-11A直读电导仪测定电导率(C_1), 再将样品在沸水浴上浸提10 min, 冷却, 测定其电导率(C_2)^[6]。相对电导率= $C_1/C_2 \times 100\%$ 。

1.3.3 草坪质量 采用NTEP(美国国家草坪评比项目)评分制评定。

1.3.4 超氧化物歧化酶活性 称取鲜叶0.5 g, 提取制备超氧化物歧化酶液, 用具塞试管, 4000 Lx 照光30 min, 遮黑布终止反应, 置560 nm处测定光密度^[7]。

1.3.5 过氧化氢酶活性 称取鲜叶0.5 g 提取制备过氧化氢酶液, 于240 nm处测定其吸光值OD, 每隔1 min 读数1次, 共测4 min^[8]。

1.3.6 丙二醛含量 取离心后的SOD酶液2.0 mL, 加入2.0 mL 0.5% 硫代巴比妥酸(TBA)。混合物于100℃沸水浴中加热20 min, 迅速冷却, 于10000转/分离心5 min, 上清液分别于532 nm及600 nm处测定吸光值OD, 用 $\text{nmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{FW}$ 表示^[9]。

1.4 数据处理

将在干旱和热胁迫后第25d测定的6项指标通过统计软件SPSS(11.5)进行层次聚类分析。各项测定指标的差异性分析应用SAS(SAS Institute, 1992)软件中的一般线性模型, 进行0.05显著水平下LSD多重比较。

2 结果与分析

2.1 干热胁迫前后各项指标的比较和分析

参试21个高羊茅品种在高温干旱胁迫下, 测定的指标整体上出现如下变化规律: 叶片相对含水量、草坪质量、超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性均出现明显下降, 而叶片相对电导率和丙二醛含量均显著地上升(表1)。说明干热胁迫在一定程度上影响了高羊茅草坪草的生理代谢, 但因品种不同, 各指标变化明显不同。其中, 快乐岛、阿拉比亚、阿帕奇、三丰4个品种的叶片相对含水量、草坪质量、超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性下降幅度较其他17个品种大, 其叶片相对电导率和丙二醛含量上升幅度也较其他17个品种大。说明这4个品种受干热胁迫伤害较严重, 抗旱抗热性较弱。贝克艾瑞3号、

表 1 21 个高羊茅品种在干热胁迫前和胁迫 25 d 后的各项指标测定值

品种 Cultivar	叶片相对含水量 Leaf relative water content (%)		电导率 Electrolyte leakage (%)		草坪质量 Turf quality (score)		超氧化物歧化酶 Superoxide dismutase (units • mg ⁻¹ protein)		过氧化氢酶 Catalase ($\mu\text{mol} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mg}^{-1}$ protein)		丙二醛 Malondialdehyde ($\mu\text{mol} \cdot \text{g}^{-1}$ FW)	
	0 d	25 d	0 d	25 d	0 d	25 d	0 d	25 d	0 d	25 d	0 d	25 d
交战 2 Crossfire II	84.9 ^{efg}	55.8 ^{fg}	9.0 ^{bc}	29.0 ^f	7.8 ^a	2.6 ^{bcd}	44.9 ^{ab}	13.6 ^{defg}	181.3 ^{abcd}	26.6 ^{efghi}	63.5 ^{bcdef}	330.3 ^{cdef}
特飒 Tulsa	84.2 ^{fgh}	56.5 ^f	7.2 ^f	31.8 ^{cd}	7.7 ^a	2.4 ^{cdefg}	44.2 ^{ab}	10.5 ^{gh}	188.2 ^{ab}	29.9 ^{cdef}	65.5 ^{abcde}	324.2 ^{defgh}
滨狗 Bingo	83.0 ^{gh}	56.6 ^{ef}	8.5 ^d	32.1 ^{cd}	7.6 ^a	2.0 ^{efgh}	47.3 ^{ab}	15.3 ^{abcdef}	182.3 ^{abcd}	26.6 ^{efghi}	73.4 ^{ab}	333.6 ^{cde}
凌志 Barlexas	90.4 ^{bc}	54.9 ^{fgh}	7.0 ^{fg}	32.9 ^c	7.7 ^a	2.2 ^{defg}	46.1 ^{ab}	14.2 ^{cdefg}	189.3 ^a	27.4 ^{defghi}	47.7 ^{gh}	335.0 ^{cde}
快乐岛 Avalon	84.9 ^{efg}	31.9 ^l	9.1 ^{bc}	41.3 ^a	7.9 ^a	1.1 ^j	45.9 ^{ab}	5.6 ⁱ	171.5 ^d	11.2 ^j	44.7 ^h	378.0 ^a
阿帕奇 Apache	85.8 ^{ef}	43.8 ⁱ	9.8 ^a	38.8 ^b	8.0 ^a	1.3 ^{ij}	42.2 ^b	7.2 ^{hi}	180.2 ^{abcd}	12.0 ^j	54.0 ^{fgh}	366.5 ^{abc}
澳格 Olga	86.5 ^{def}	53.3 ^{gh}	9.0 ^{bc}	33.0 ^c	8.7 ^a	1.0 ^{fghi}	44.7 ^{ab}	10.8 ^{fgh}	182.2 ^{abcd}	25.3 ^{hi}	55.6 ^{defgh}	351.1 ^{abcd}
佳美 Gooden	87.2 ^{de}	53.3 ^{gh}	8.0 ^c	32.8 ^c	7.8 ^a	1.8 ^{ghi}	47.1 ^{ab}	15.6 ^{abcde}	170.3 ^d	26.2 ^{fghi}	49.9 ^{gh}	333.5 ^{cde}
警犬 Watchdog	91.6 ^{ab}	59.5 ^{de}	5.1 ^h	28.8 ^f	7.5 ^a	2.0 ^{efgh}	46.1 ^{ab}	16.1 ^{abcd}	176.2 ^{bcd}	30.5 ^{cde}	56.7 ^{defg}	318.6 ^{defgh}
美洲豹 3 号 Jagua III	88.6 ^{cd}	61.0 ^{cd}	6.7 ^g	30.3 ^{def}	8.0 ^a	2.0 ^{efgh}	47.7 ^{ab}	14.3 ^{bcd}	177.3 ^{abcd}	26.5 ^{efghi}	63.8 ^{abcde}	340.8 ^{bcd}
沙漠王子 Safai	92.1 ^{ab}	57.4 ^{ef}	5.1 ^h	31.6 ^{cde}	7.6 ^a	2.2 ^{defg}	46.6 ^{ab}	11.5 ^{efgh}	175.6 ^{cd}	27.0 ^{fghi}	65.6 ^{abcde}	326.5 ^{defg}
贝克 Pixie	90.9 ^{abc}	68.2 ^a	7.1 ^{fg}	20.8 ^h	7.5 ^a	4.3 ^a	42.2 ^b	18.3 ^{abc}	171.6 ^d	39.3 ^a	58.8 ^{defg}	261.3 ^j
汤凯 Tomcat	86.8 ^{de}	65.5 ^{ab}	6.8 ^{fg}	22.8 ^{gh}	7.8 ^a	3.1 ^b	48.3 ^a	18.8 ^{ab}	180.2 ^{abcd}	34.8 ^b	65.4 ^{abcde}	291.7 ^{ghij}
追寻者 Quest	85.2 ^{efg}	52.8 ^h	7.1 ^{fg}	29.2 ^{ef}	8.1 ^a	1.8 ^{ghi}	46.0 ^{ab}	14.2 ^{cdefg}	174.3 ^{cd}	25.6 ^{fghi}	73.1 ^{ab}	341.6 ^{abcd}
阿拉比亚 Aabia	82.0 ^h	36.4 ^k	8.8 ^{cd}	39.1 ^{ab}	8.1 ^a	1.1 ^j	48.2 ^a	7.9 ^{hi}	170.2 ^d	10.4 ^j	57.8 ^{defg}	377.9 ^a
火凤凰 Fire phoenix	92.0 ^{ab}	66.4 ^{ab}	5.2 ^h	21.7 ^{gh}	7.6 ^a	2.7 ^{bcd}	42.2 ^b	17.8 ^{abcd}	176.4 ^{abcd}	33.6 ^{bc}	70.9 ^{abc}	279.9 ^{ij}
红宝石 (uby)	85.6 ^{ef}	65.1 ^{bc}	7.7 ^e	22.9 ^{gh}	7.8 ^a	2.4 ^{cdefg}	46.1 ^{ab}	16.2 ^{abcd}	178.3 ^{abcd}	28.7 ^{defgh}	70.3 ^{abc}	287.7 ^{hij}
猎狗 5 号 Houndog V	90.1 ^{bc}	65.8 ^{ab}	7.1 ^{fg}	22.8 ^{gh}	7.8 ^a	2.5 ^{bcd}	42.8 ^{ab}	18.1 ^{abcd}	184.9 ^{abc}	26.2 ^{fghi}	61.5 ^{cdef}	294.3 ^{fghij}
三丰 Triple yield	93.1 ^a	40.2 ^j	7.1 ^{fg}	38.8 ^b	8.0 ^a	1.5 ^{hij}	46.1 ^{ab}	8.6 ^{hi}	181.3 ^{abcd}	23.5 ⁱ	45.4 ^h	371.9 ^{ab}
野马二代 Mustang II	87.2 ^{de}	66.4 ^{ab}	7.0 ^{fg}	23.4 ^g	7.7 ^a	2.8 ^{bcd}	45.0 ^{ab}	19.1 ^a	188.2 ^{ab}	31.4 ^{bcd}	74.9 ^a	281.4 ^{ij}
艾瑞 3 号 Aid III	85.9 ^{ef}	62.3 ^{cd}	9.4 ^{ab}	23.8 ^g	8.0 ^a	2.9 ^{bc}	46.0 ^{ab}	16.7 ^{abcd}	182.3 ^{abcd}	29.5 ^{cdefg}	54.4 ^{efgh}	299.0 ^{efghi}
LSD 0.05	2.399	2.969	0.416	2.482	0.574	0.629	0.592	4.595	189.3	4.117	11.176	36.762

注: 表格中同列不同字母表示数值间差异显著 ($P < 0.05$)
Note: Means with different letters in the same column are significantly different at the 0.05 level

汤凯、野马二代、火凤凰、猎狗 5 号、红宝石的叶片相对含水量、草坪质量、超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性下降幅度及叶片相对电导率和丙二醛含量上升幅度相对较小, 说明受干热胁迫伤害程度较轻, 抗旱抗热性较强。从表 1 中可以看到, 贝克的叶片相对含水量、草坪质量、超氧化物歧化酶活性、过氧化氢酶活性下降幅度及叶片相对电导率和丙二醛含量上升幅度最小, 说明其抗旱抗热性最强。而且干热胁迫后参试 21 个高羊茅品种相应的测定指标间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2 层次聚类分析

聚类分析结果表明, 在距离为 13.1 时 21 个高羊茅品种可明显分为 3 类, 其中贝克、汤凯、火凤凰、红宝石、猎狗 5 号、野马二代、艾瑞 3 号聚为一类(相对抗旱抗热类), 其各项生理指标总体变化稳定, 抗性最好; 交战 2 号、特飒、滨狗、凌志、澳格、佳美、警犬、美洲豹 3 号、沙漠王子、追寻者聚为一类(中等抗旱抗热类); 快乐岛、阿帕奇、阿拉比亚、三丰聚为一类(相对敏感类)(图 1)。

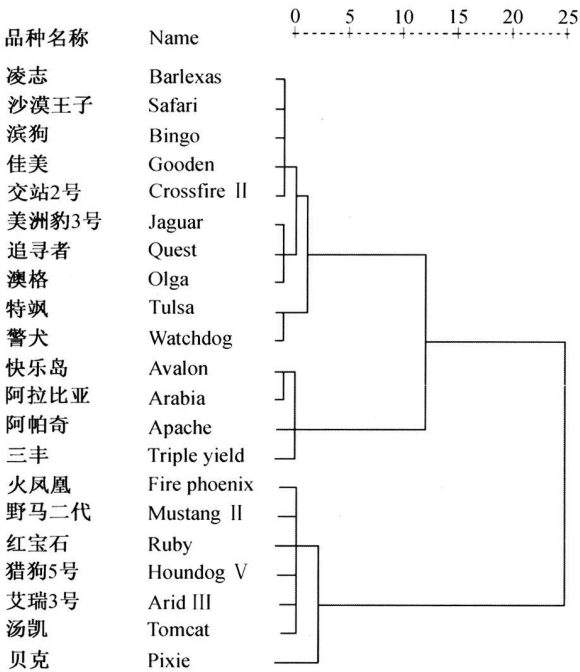


图 1 21 个高羊茅品种层次聚类图
Fig. 1 Hierarchical cluster analysis dendrogram of 21 commercial tall fescue cultivars

3 讨论

3.1 干热胁迫导致 21 个高羊茅品种的草坪质量, 叶片相对含水量显著降低, 但是不同品种降低的幅度存在差异。这说明干热胁迫造成了高羊茅体内水分大量散失, 进而在一定程度上影响草坪质量。随着草坪质量、叶片相对含水量的下降, 超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性降低, 使得膜脂过氧化反应程度加剧, 其膜脂过氧化产物增多, 如丙二醛含量升高。在干热胁迫下植物细胞内抗氧化酶合成与分解的动态平衡遭到了破坏, 合成低于分解, 致使酶活性降低, 清除活性氧的能力也随之下降, 最终导致膜脂过氧化反应程度增加。韩春梅等人^[10]对 18 个高羊茅品种的耐热性的比较, 通过叶片相对电导率、叶绿素总含量、丙二醛累积量、游离脯氨酸含量以及 SOD 活性 5 项生理指标, 综合评价了 18 个高羊茅品种(系)的耐热性能, 结果显示高羊茅品种耐热性强弱依次为: 贝克 > 猎狗 5 号 > 交战 2 号 > 凌志。与本研究的结果基本一致。李良霞等人^[11]对 2 个高羊茅品种(美洲虎 3 号和 TF 66)受高温伤害的研究结果认为, 较低的丙二醛和电导率是冷季型草坪草抗高温的标志之一, 与本研究结果具有一致性。

3.2 参试 21 个品种之间, 高抗性品种抗氧化酶活性下降幅度小, 叶片相对电导率和膜脂过氧化程度低; 而叶片相对含水量和草坪质量也明显高。酶活性高表明膜脂化程度低及细胞膜受害较轻, 品种抗旱抗热性好, 抗氧化防御系统在干热双重胁迫下清除活性氧及延长植物生长方面具有重要意义。

3.3 在西北干旱地区的生产实践中, 刘金荣^[4]等人对 21 个草坪品种通过田间实验, 综合评价了其生态适应性, 认为高羊茅品种凌志、矮星 2 号、美洲虎 3 号表现出了良好的耐热性和耐旱性, 这与本研究结果一致。王晓荣等^[12]对不同品种高羊茅生长初期进行了比较研究, 以根重、根长、芽长、根长和电导率作为抗旱性测定的指标, 结果表明: 猎狗 5 号和交战 2 号具有较强的抗旱性, 其结果与本研究的聚类结果完全一致。

4 结论

4.1 干热双重胁迫导致高羊茅草坪质量和叶片相对含水量下降, 抗氧化酶活性下降, 细胞膜稳定性下降, 膜脂过氧化反应程度加剧。综合表现为草坪质量下降, 抗旱抗热性强的品种下降少。

4.2 聚类分析将 21 个高羊茅品种可明显分为 3 类, 其中贝克、汤凯、火凤凰、红宝石、猎狗 5 号、野马二代、艾瑞 3 号聚为一类, 其各项生理指标总体变化稳定, 抗旱抗热性最好。

参考文献

- [1] Jiang Y, Huang B. Drought and heat stress injury to two cool season turfgrasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation [J]. *Crop Science Supplement*, 2001, 41: 436-442
- [2] Liu J R, Xie X R, Du J X, *et al.* Effects of simultaneous drought and heat stress on Kentucky bluegrass [J]. *Scientia Horticulturae*, 2008, 115: 190-195
- [3] 李艳秋, 尹伟伦, 夏新莉. 干旱胁迫下四种冷季型草坪草的生理反应[J]. *草地学报*, 2007, 15(2): 164-167
- [4] 刘金荣, 谢晓蓉. 冷季型草坪草在河西走廊生态适应性的综合评价[J]. *草地学报*, 2004, 12(1): 79-82
- [5] Sturn A, Quackenbush J, *et al.* Genesis: cluster analysis of microarray data [J]. *Bioinformatics*, 2002, 18(1): 207-208
- [6] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. 11-12, 159-150
- [7] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants [J]. *Plant Physiol.*, 1977, 59: 309-314
- [8] Chance B, Maehly A C. Assay of catalase and peroxidase [J]. *Methods Enzymol.*, 1955, 2: 764-775
- [9] Zhang J X, Kirkham M B. Drought stress induced changes in activities of superoxide dismutase, catalase, and peroxidase in wheat species [J]. *Plant Cell Physiol.*, 1997, 35(2): 785-791
- [10] 韩春梅, 张新全, 彭燕. 18 个高羊茅品种的耐热性比较研究[J]. *草原与草坪*, 2006, 1: 36-44
- [11] 李良霞, 李建龙, 张强, 等. 高温胁迫对高羊茅细胞膜及其核 DNA 伤害的影响[J]. *贵州农业科学*, 2008, 36(1): 37-39
- [12] 王晓荣, 周禾. 高羊茅不同品种生长初期抗旱性的比较研究[J]. *四川草原*, 2001, (4): 25-29

(责任编辑 张蕴薇)