

# 抗坏血酸对高氮条件下高羊茅草坪草耐热性的影响

赵会颖, 赵超鹏, 周琴, 江海东\*

(农业部南京农业大学作物生长调控重点开放实验室, 江苏 南京 210095)

**摘要:**本试验以冷季型草坪草高羊茅“猎狗5号”为材料,研究了抗坏血酸对高氮条件下草坪草耐热性的影响。结果表明,抗坏血酸处理显著提高了高羊茅的叶绿素、类胡萝卜素和可溶性蛋白质含量,提高了超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)活性,显著降低了脯氨酸和丙二醛(MDA)含量,进而增加了植株含水量、单蘖干重、绿叶比和单株分蘖数,增强高羊茅耐热性和延缓植株衰老,有利于其安全越夏。

**关键词:**高羊茅;高氮;抗坏血酸;耐热性

**中图分类号:**S688.4   **文献标识码:**A   **文章编号:**1004-5759(2008)06-0034-06

\* 夏季高温使草坪植物过量蒸腾,即使在土壤水分充足的情况下也常导致细胞脱水,引起代谢失调<sup>[1]</sup>。高温使冷季型草坪草生长变弱、叶片萎蔫、叶色泛黄<sup>[2]</sup>、草坪盖度和密度下降<sup>[3]</sup>,草坪质量显著降低。因此夏季高温是限制冷季型草坪草在长三角地区广泛利用的最主要因素<sup>[4]</sup>,提高冷季型草坪草耐热性就成了草坪养护管理方面亟待解决的问题。

施用氮肥是草坪养护管理中一项极为重要的管理措施<sup>[5]</sup>。氮有“生命元素”之称,是植物需要的基本物质,是细胞中蛋白质的主要成分,也是细胞质、细胞核和酶的组成成分。充足的氮素供应为草坪草的生长提供了物质基础,在适当施氮条件下,草坪草茎蘖数和绿叶数增加,绿叶比例高,草坪处于生长质量较好的状态<sup>[6]</sup>。高氮处理会降低草坪草耐热性<sup>[7]</sup>,容易导致草坪草形态结构及生理生化性质发生变化,使组织变嫩,可溶性氮化物含量增加,酚类物质合成减少,抗逆性降低<sup>[8,9]</sup>,因此对高羊茅夏季安全施肥技术的研究尤为重要。抗坏血酸(ascorbic acid, AsA)作为一种抗氧化剂可清除自由基、延缓衰老、减轻膜损伤,并且在水稻(*Oryza sativa*)<sup>[10]</sup>,小麦(*Triticum aestivum*)<sup>[11]</sup>,苹果(*Malus domestica*)<sup>[12]</sup>,月季(*Rosa hybrida*)<sup>[13]</sup>,蚕豆(*Vicia faba*)<sup>[14]</sup>等植物上都已有研究报道,而有关 AsA 对提高草坪草耐热性的研究报道甚少,本试验主要探讨高氮条件下喷施 AsA 对高羊茅草坪草形态和生理指标的影响,为高羊茅越夏管理提供理论和实践依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 试验材料

供试品种为高羊茅品种“猎狗5号”(Festuca arundinacea cv. HuntDog 5)。

### 1.2 试验设计

试验始于2006年9月,在南京农业大学网室沙池播种,正常管理至成坪。2007年4月下旬将草坪草带沙装入直径8cm的有孔塑料杯中,采用适当调整的Hoagland营养液培养[其中的KNO<sub>3</sub>和Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>用KCl和CaCl<sub>2</sub>代替]。以NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>为唯一氮源,除氮素浓度外,其余各元素浓度保持不变。试验设3个处理:N<sub>0</sub>(无氮),N<sub>10</sub>(10mmol/L氮),N<sub>10</sub>+AsA(10mmol/L氮+20mmol/LAsA),每处理3次重复。培养12d后,对N<sub>10</sub>+AsA处理喷施20mmol/LAsA,所有处理组均放入PQX型多段可编程人工气候箱,气候箱的初始温度为25/20℃(昼、夜各12h),经4d逐步升温到40/30℃(昼、夜各12h),光照强度为30000lx,湿度为70%。

### 1.3 测定指标

高温处理前选健康平展叶测定各项指标,以后每4d测定1次,共测定4次。每处理选取30株大小一致的植株,去除枯叶,洗净沙土,吸干植株表面水分,计数茎蘖数,称鲜重,分地上部与地下部烘干至恒重,称干重,计算

\* 收稿日期:2008-01-04;改回日期:2008-03-27

作者简介:赵会颖(1981-),女,满族,河北唐山人,在读硕士。

\* 通讯作者。E-mail:hdjiang@njau.edu.cn

单株分蘖数、单蘖重量和植株含水量。计数最后一次取样时绿叶数和黄叶数,计算绿叶比。绿叶比(%) = 绿叶数 / (绿叶数 + 黄叶数) × 100%。

叶片叶绿素、类胡萝卜素含量测定采用 95% 乙醇提取比色法,可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝比色法,脯氨酸含量测定采用磺基水杨酸法,丙二醛(MDA)含量测定采用硫代巴比妥酸法,超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 NBT 的光化还原法,以上方法参照文献[15]。过氧化氢酶(CAT)活性采用紫外分光光度法,过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法,以上方法参照文献[16]。

## 2 结果与分析

### 2.1 高温高氮胁迫下抗坏血酸对高羊茅生长状况的影响

有氮处理单蘖干重高于无氮处理( $P < 0.05$ ) (图 1)。高温胁迫下 3 个处理的单蘖干重均呈先略为上升后缓慢下降的趋势,随胁迫时间的延长, $N_{10}$  处理第 8 天后大部分植株死亡。 $N_{10} + AsA$  处理整个试验期内单蘖干重一直最高,长势最好。

增施氮素能促进植株分蘖数的发生,高温处理前有氮处理比无氮处理分蘖数显著增加( $P < 0.05$ )。高温胁迫下,各处理单株分蘖数均呈下降趋势, $N_{10}$  处理下降最为迅速,第 8 天后大部分植株死亡。 $N_{10} + AsA$  处理第 12 天时比  $N_0$  处理分蘖数高 28.1% (图 2)。

高温胁迫下,各处理植株含水量逐渐下降(图 3)。 $N_0$  和  $N_{10} + AsA$  处理下降缓慢,最终保持稳定的趋势,而  $N_{10}$  处理下降迅速,含水量低于其他 2 个处理( $P < 0.05$ )。

$N_0$  处理绿叶比在高温处理前较高,达到 81.8%,但是,氮素的不足造成植株叶片变黄,高温胁迫下绿叶比迅速下降,高温 12 d 后仅为 40.5%,严重影响了草坪的观赏性能。 $N_{10}$  处理绿叶比也呈下降趋势,并且一直低于  $N_0$  和  $N_{10} + AsA$  处理( $P < 0.05$ ),第 8 天时仅有 44.6%,并且大部分植株叶片变黄、枯死。 $N_{10} + AsA$  处理则能维持高温期间的绿叶数,使绿叶比稳定在 60% 以上,比其他 2 个处理有较好的观赏性能(图 4)。

### 2.2 高温高氮胁迫下抗坏血酸对高羊茅叶绿素、类胡萝卜素含量的影响

高温胁迫下各处理叶绿素和类胡萝卜素含量缓慢下降或变化平缓(图 5,6)。有氮处理叶绿素和类胡萝卜素含量均较无氮处理高,外源 AsA 处理叶绿素和类胡萝卜素含量最高( $P < 0.05$ )。

### 2.3 高温高氮胁迫下抗坏血酸对高羊茅抗氧化酶活性的影响

3 个处理 SOD 酶活性变化趋势基本一致(图 7), $N_{10}$  和  $N_{10} + AsA$  处理在高温处理前 SOD 酶活性低于  $N_0$  处理,但是随着胁迫时间的延长,于第 4 天时达到最大值,之后迅速下降。第 12 天时, $N_0$  处理为初始时的 50.8%, $N_{10} + AsA$  处理为初始时的 93.4%,是此时  $N_0$  处理 SOD 酶活性的 145.4%。

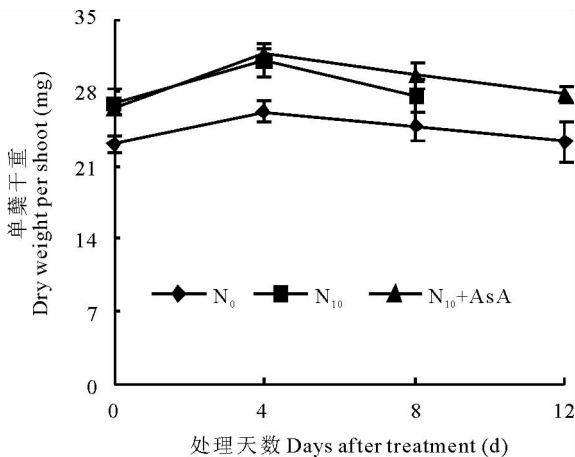


图 1 高温高氮胁迫下 AsA 对单蘖干重的影响  
Fig. 1 Effect of AsA on DW per shoot under the stress of heat and high nitrogen

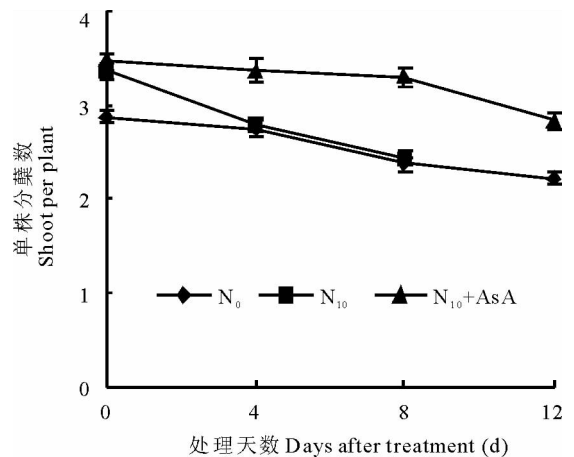


图 2 高温高氮胁迫下 AsA 对单株分蘖数的影响  
Fig. 2 Effect of AsA on shoot per plant under the stress of heat and high nitrogen

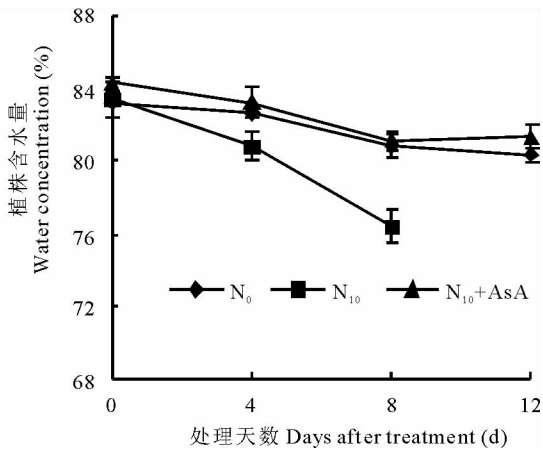


图3 高温高氮胁迫下 AsA 对植株含水量的影响

Fig. 3 Effect of AsA on water content under the stress of heat and high nitrogen

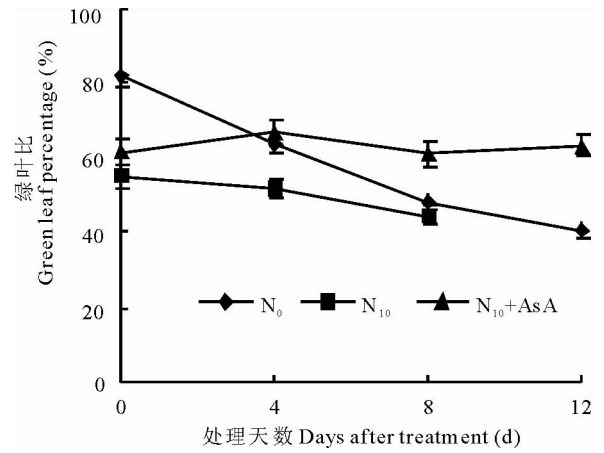


图4 高温高氮胁迫下 AsA 对绿叶比的影响

Fig. 4 Effect of AsA on green leaf ratio under the stress of heat and high nitrogen

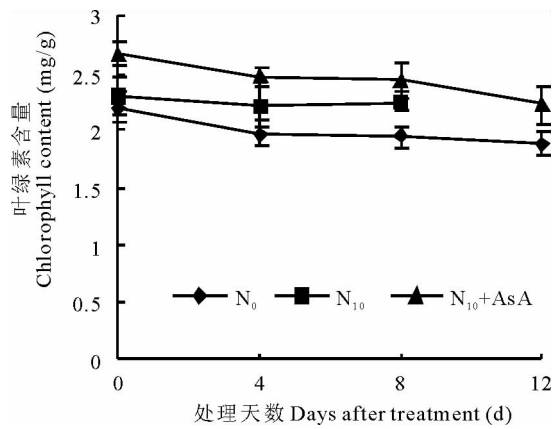


图5 高温高氮胁迫下 AsA 对叶绿素含量的影响

Fig. 5 Effect of AsA on chlorophyll content under the stress of heat and high nitrogen

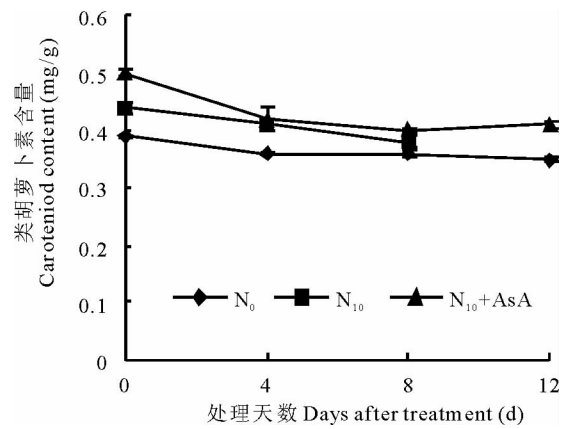


图6 高温高氮胁迫下 AsA 对类胡萝卜素含量的影响

Fig. 6 Effect of AsA on carotenoid content under the stress of heat and high nitrogen

3 个处理 CAT 变化趋势一致,随胁迫时间的延长而呈下降趋势,并且 N<sub>10</sub> 和 N<sub>10</sub> + AsA 处理的 CAT 含量高于 N<sub>0</sub> 处理 ( $P < 0.05$ ) (图 8)。各处理 POD 活性呈先上升后下降的趋势,表现为 N<sub>10</sub> + AsA > N<sub>10</sub> > N<sub>0</sub> (图 9)。

#### 2.4 高温高氮胁迫下抗坏血酸对高羊茅可溶性蛋白质和脯氨酸含量的影响

各处理的可溶性蛋白质含量在高温处理初期都有所下降,第 4 天时达到最低,下降幅度依次为 N<sub>10</sub> + AsA > N<sub>10</sub> > N<sub>0</sub>,4 d 后开始回升,回升速度依然为 N<sub>10</sub> + AsA > N<sub>10</sub> > N<sub>0</sub> (图 10)。

各处理脯氨酸含量在初始时都比较低(图 11),随后 N<sub>10</sub> 处理脯氨酸含量迅速上升,N<sub>10</sub> + AsA 上升速度低于 N<sub>0</sub>,第 4 天后脯氨酸含量低于 N<sub>0</sub> 处理 ( $P < 0.05$ ),第 12 天时 N<sub>10</sub> + AsA 处理脯氨酸含量为 N<sub>0</sub> 的 72.9%。

#### 2.5 高温高氮胁迫下抗坏血酸对高羊茅 MDA 含量的影响

MDA 是膜脂氧化的最终分解产物,其含量可以反映草坪草遭受逆境伤害的程度。N<sub>10</sub> 处理增加了 MDA 含量 ( $P < 0.05$ ),而 N<sub>10</sub> + AsA 处理 MDA 含量基本与 N<sub>0</sub> 处理持平,并且在第 8 天后有下降趋势(图 12)。

### 3 讨论

在正常条件下,氮素能促进高羊茅生长,增加单株分蘖数和叶绿素含量,从而提高草坪质量<sup>[5]</sup>。但在具体施肥中经常会有过量的情况发生,夏季大量施用氮肥影响草坪抗性,降低草坪质量<sup>[17]</sup>。本研究显示高温胁迫下,高氮处理加重了胁迫伤害,表现为单蘖干重下降,分蘖死亡,含水量和绿叶比急剧下降,大部分植株在 8 d 后死亡,

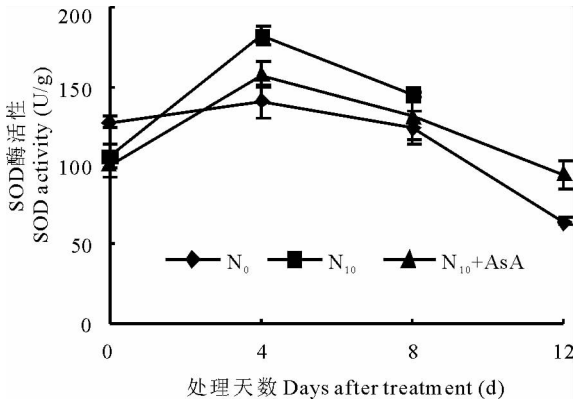


图 7 高温高氮胁迫下 AsA 对 SOD 活性的影响  
Fig. 7 Effect of AsA on SOD activity under the stress of heat and high nitrogen

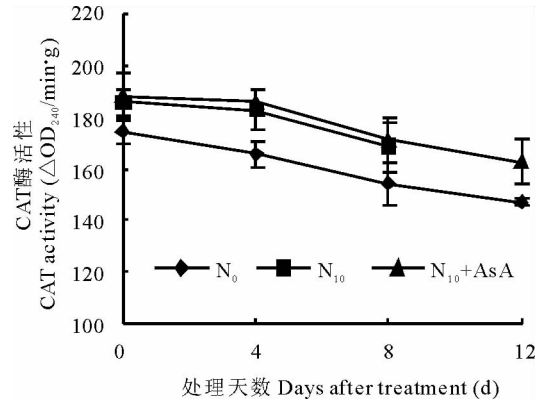


图 8 高温高氮胁迫下 AsA 对 CAT 活性的影响  
Fig. 8 Effect of AsA on CAT activity under the stress of heat and high nitrogen

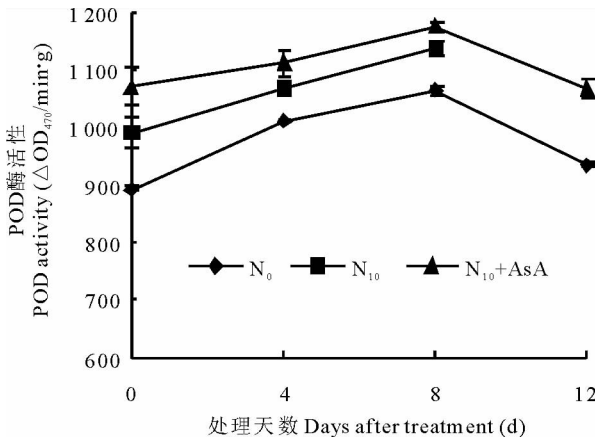


图 9 高温高氮胁迫下 AsA 对 POD 活性的影响  
Fig. 9 Effect of AsA on POD activity under the stress of heat and high nitrogen

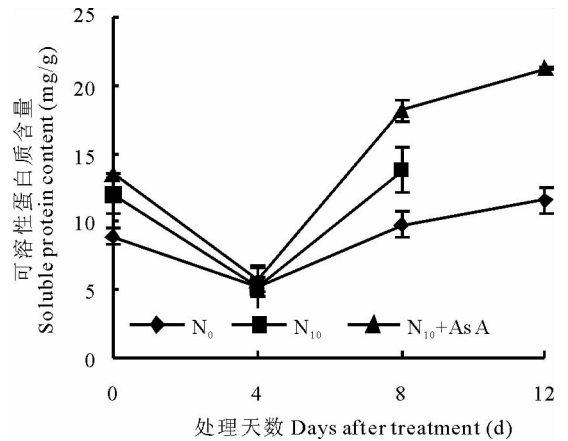


图 10 高温高氮胁迫下 AsA 对可溶性蛋白质的影响  
Fig. 10 Effect of AsA on soluble protein content under the stress of heat and high nitrogen

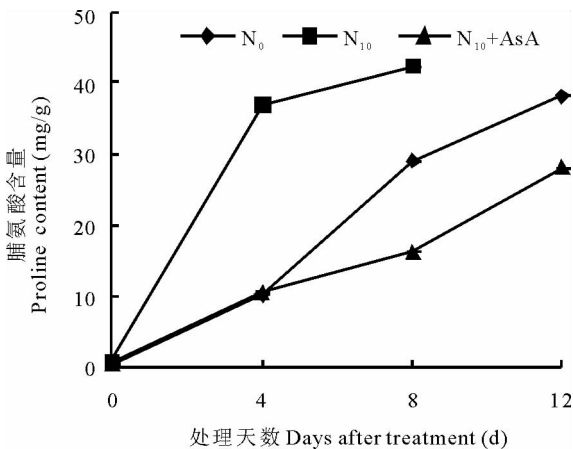


图 11 高温高氮胁迫下 AsA 对脯氨酸含量的影响  
Fig. 11 Effect of AsA on proline content under the stress of heat and high nitrogen

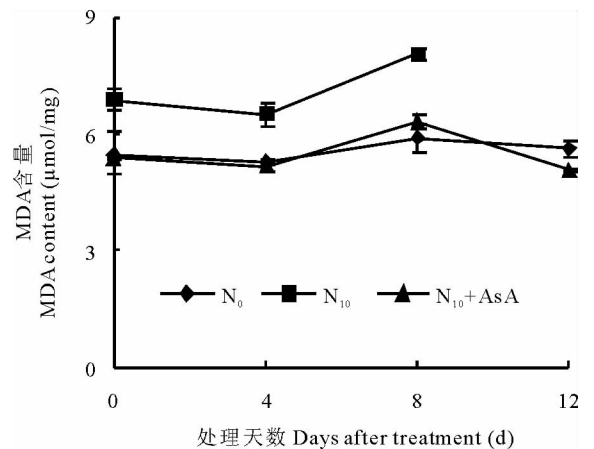


图 12 高温高氮胁迫下 AsA 对 MDA 含量的影响  
Fig. 12 Effect of AsA on MDA content under the stress of heat and high nitrogen

无氮处理草坪各项生长指标也显著偏低,而喷施 AsA 处理则情况大为改观,不仅保持了植株较高的绿叶比,而且具有较高的分蘖数,为维持草坪的观赏性能提供了保障。

叶绿素含量的高低直接影响叶片的光合能力,而草坪草光合作用是受环境胁迫影响最明显的过程之一。叶绿素含量的下降可能使叶内反应中心色素和集光色素的比例失调,从而诱发对草坪草的进一步伤害<sup>[18]</sup>。本研究显示在高温胁迫下,有氮处理叶绿素和类胡萝卜素含量高于无氮处理,AsA 能进一步增加二者含量,说明 AsA 能促进植株叶绿素的合成,提高叶片的光合速率,保持较高的干物质积累速率,而类胡萝卜素是非酶系统抗氧化小分子物质,二者的增加对减轻或缓解高温胁迫对植株的伤害,延缓植物衰老起重要作用。

高温胁迫下植物体内活性氧的代谢平衡被打破,产生大量活性氧。活性氧的累积导致膜脂过氧化,形成 MDA,它攻击膜脂质双分子层中的不饱和脂肪酸,膜系统被损害,从而对植株造成伤害<sup>[19]</sup>。并且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,会导致体内游离脯氨酸含量增加。还有人认为抗氧化剂酶活性的下降和膜脂过氧化的增加可能导致草坪质量、相对含水量和叶绿素含量下降<sup>[20]</sup>。本研究显示 AsA 在一定程度上提高了细胞内抗氧化酶的活性,增强了细胞内清除活性氧的能力,进而降低了脯氨酸和 MDA 含量的上升幅度,说明 AsA 能维持细胞膜结构和功能的相对稳定,缓解了高温高氮不利环境对膜系统的伤害。

综上所述,20 mmol/L AsA 在提高高氮条件下高羊茅的耐热性、减少高温高氮对植株造成的伤害方面有积极作用,有关 AsA 与氮肥更适宜的施用剂量配比有待于进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 王志勇,廖丽,邹少丰,等. 磷钾肥和多效唑对高羊茅越冬性的影响研究Ⅲ. 高温对高羊茅叶片中 N、P、K 含量的影响[J]. 草业科学, 2006, 23(9): 119-122.
- [2] 江海东,孙小芳,曹卫星. 施肥对高羊茅草坪越冬的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(4): 44-47.
- [3] 陈传军,沈益新,周建国,等. 高温季节草地早熟禾草坪质量与叶片抗氧化酶活性的变化[J]. 草业学报, 2006, 15(4): 81-87.
- [4] 杨志,何霞,韩烈保. 高温季节不同光照强度对冷季型草坪草用性状的的影响[J]. 草业学报, 2007, 16(5): 48-55.
- [5] 常智慧,韩烈保. 草坪生态系统中氮肥去向研究进展[J]. 草业科学, 2003, 20(4): 61-67.
- [6] 江海东,周琴,朱练峰,等. 深秋施肥对高羊茅草坪越冬的影响[J]. 草业学报, 2005, 14(5): 81-86.
- [7] 卢少云,郭振飞. 草坪草逆境生理研究进展[J]. 草业学报, 2003, 12(4): 7-13.
- [8] 赵林萍,吴礼树,黄鸿翔,等. 施肥对草坪质量及环境的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2006, (4): 6-10.
- [9] 董爱香,胡林,赵美琦,等. 夏季施氮+钾肥对高羊茅褐斑病的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(3): 203-206.
- [10] 郑启伟,王效科,谢居清,等. 外源抗坏血酸对臭氧胁迫下水稻叶片膜保护系统的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1131-1137.
- [11] 李珍珍,韩阳. 抗坏血酸对小麦种子老化及幼苗脂质过氧化的影响[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 2000, 27(2): 170-172.
- [12] 马春花,马锋旺,李明军,等. 外源抗坏血酸对离体苹果叶片衰老的影响[J]. 园艺学报, 2006, 33(6): 1179-1184.
- [13] 金基石,李永红,单宁伟,等. 抗坏血酸提高月季切花失水胁迫耐性与增加 APX 活性的关系[J]. 园艺学报, 2006, 33(2): 333-337.
- [14] 刘亚丽. 甲醇和抗坏血酸对蚕豆衰老的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(4): 620-621.
- [15] 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, 2000.
- [16] 郝再彬,苍晶,徐伸. 植物生理学实验[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [17] 边秀举,胡林,张福锁,等. 不同施肥时期对草坪草生长及草坪质量的影响[J]. 草原与草坪, 2002, (1): 22-26.
- [18] 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.
- [19] 王罗霞,赵志光,王锁民. 一氧化氮对水分胁迫下小麦叶片活性氧代谢及膜脂过氧化的影响[J]. 草业学报, 2006, 15(4): 104-108.
- [20] 徐胜,李建龙,赵德华. 高羊茅的生理生态及其生化特性研究进展[J]. 草业学报, 2004, 13(1): 58-64.

## Effects of ascorbic acid on the heat tolerance of *Festuca arundinacea* under high nitrogen levels

ZHAO Hui-ying, ZHAO Chao-peng, ZHOU Qin, JIANG Hai-dong

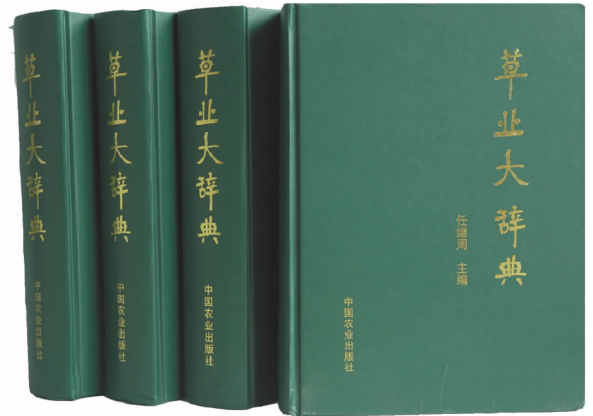
(Key Laboratory of Crop Growth Regulation, Ministry of Agriculture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** The effects of AsA on the heat tolerance of *Festuca arundinacea* under high nitrogen levels were studied and showed that compared with high nitrogen only, treatment with AsA significantly increased the contents of chlorophyll, carotenoid and soluble protein content, the activity of SOD, CAT and POD, but decreased the proline and MDA contents. AsA treatment also increased the water content, dry weight, green leaf ratio and tillers. This increase in heat tolerance postponed the senescence of *F. arundinacea* plants, which helped *F. arundinacea* to oversummer safely.

**Key words:** *Festuca arundinacea*; high nitrogen; ascorbic acid; heat tolerance

## 新书推介:任继周主编《草业大辞典》

由任继周院士主编的《草业大辞典》是全国近百位草业专家学者参编、历时 2 年的草业专著。该书 1333 页,340 万字,图文并茂。是从大约 8 万余词条中依据草业的四个生产层,三个界面的理论,精选了 21091 词条,加以简明科学诠释。其中包括草业文化与草业基础学科、天然草地、栽培草地、草地保护、草地资源与环境、草类遗传育种、草坪绿地、草畜产品加工。此书是对数十年来我国草业科学理论和实践的总结,不仅填补了国内空白,而且在我国草业发展史上具有里程碑的意义。



《草业大辞典》书封

出版:中国农业出版社(2008 年 6 月) 定价:280 元(含邮资)

汇款户名:兰州大学 开户行:兰州市工行天水路分理处 帐号:2703002409026413243。注:草业学报

邮局汇款地址:兰州市嘉峪关西路 768 号《草业学报》编辑部,邮政编码:730020。注:草业大辞典。

注:购书单位或个人汇款后,请将收件人详细地址、姓名、邮编及开发票单位和联系电话,E-mail 或电话告知联系人。

联系人:《草业大辞典》秘书处林慧龙,未丽 咨询电话:0931-8910281 E-mail:linhuilong2007@126.com