

# 高羊茅草坪草生长发育与抗逆效应研究进展

李东林,王明跃

(阜阳职业技术学院生化工程学院,安徽阜阳 236031)

**摘要:**高羊茅属于多年生冷季型草坪草,具有较强抗性和适应性,在中国广泛栽培应用。此研究综述了高羊茅国内外研究进展,主要从高羊茅生长发育、栽培技术、抗性效应等方面阐述,并对其发展趋势进行展望,旨在为高羊茅的深化研究与合理利用提供参考。

**关键词:**高羊茅;抗逆;生长发育;研究进展

中图分类号:S3

文献标志码:A

论文编号:2010-3775

## Research Progress of Growth and Development and Resistance to Stress on Tall Fescue Turfgrass

Li Donglin, Wang Mingyue

(School of Biochemical Engineering, Fuyang Vocational and Technique College, Fuyang Anhui 236031)

**Abstract:** Tall fescue turf grass is cool-season perennials turf grass, had widely been applied and cultured in our country because of its higher resistance to stress and stronger adaptive ability. In this paper, growth and development, culture technique, resistance to stress of tall rescue home and abroad were summarized, and the prospects of tall fescue were put forward according to research of and its development trends, in order to give references for further study and reasonable use of tall fescue.

**Key words:** tall fescue; resistance to stress; growth and development; research progress

## 0 引言

高羊茅(*Festuca arundinacea* Schreb.)别名苇状羊茅、苇状狐茅,属于禾本科羊茅属,原产于欧洲西部和非洲北部,是世界寒温带地区重要的牧草和草坪草<sup>[1,2]</sup>,现在栽培和应用面积不断扩大。在经济发达国家,高羊茅是应用最为广泛的冷季型草种<sup>[3]</sup>。高羊茅与同属其他种相比,表现为植物高大,叶宽,属于多年生疏丛型,生长期达8~10个月。高羊茅在中国主要分布于华北、华中、中南和西南地区,具有广泛的生态适应性,休眠期短,耐践踏,是近年来成为区域适应性引种和逆境研究的热点之一。此文从高羊茅的生长发育、抗逆效应等其他方面进行如下综述。

## 1 生长发育研究进展

### 1.1 生物技术应用

高羊茅草坪草的组织培养开始于20世纪70年代,国内外学者采用不同的外植体进行再生体系研究。

Dale首先从高羊茅的分生组织顶端培育出小植株<sup>[4]</sup>,以高羊茅成熟胚为外植体,MS为基本培养基,国内有实验研究表明添加2,4-D 2.0 mg/L的MS培养基中愈伤组织的诱导率最高,达63.5%,高羊茅愈伤组织在含2.0 mg/L 6-BA和0.10 mg/L NAA的MS培养基上植株分化率最高,最高达80.2%<sup>[5]</sup>。不同高羊茅品种的再生组培技术也有实验研究,结果显示胚性愈伤组织诱导的最佳培养基为MS+2,4-D 5.0 mg/L+6-BA 0.1 mg/L,生根最佳培养基为MS+NAA 0.5 mg/L<sup>[6]</sup>。在Rajoelina等实验研究中,15%的高羊茅愈伤组织完全再生白化植株,另有18%的愈伤组织同时再生白苗和绿苗<sup>[7]</sup>。

乙烯和干旱胁迫均能有效诱导*FaChit1*基因的表达,而对机械损伤处理的反应比较微弱,只在叶片中积累少量的mRNA<sup>[8]</sup>。以高羊茅茎基部与叶基部的mRNA为模板,引用基于多年生黑麦草*GAPDH*基因序列设计的引物,进行RT-PCR分析<sup>[9]</sup>。选用20个随机引

**基金项目:**安徽省高校省级自然科学基金项目“高羊茅草坪草在皖北地区的适应性研究”(KJ2010B432)。

**第一作者简介:**李东林,男,1979年出生,安徽利辛人,讲师,硕士,主要从事园艺植物生理生态及栽培技术教科研工作。通信地址:236031 安徽省阜阳市阜南路465号、阜阳职业技术学院生化工程学院, E-mail: ldlcareer@126.com; 592127007@qq.com。

**收稿日期:**2010-12-29, **修回日期:**2011-02-16。

物对23份高羊茅材料进行RAPD分析,20个引物共扩增出306条带,其中多态性带为269条,比例为87.91%。聚类分析结果表明,所选高羊茅材料之间的遗传多样性较低,相似性集中在53.79%~85.53%<sup>[10]</sup>;通过Bettany等研究首次将携带*hph*基因和*gusA*基因的pTOK233质粒,利用根瘤农杆菌介导法转化高羊茅的胚性悬浮细胞和幼胚来源的愈伤组织,获得转基因植株<sup>[11]</sup>。高羊茅的主要遗传转化方法目前也有少量研究<sup>[12-14]</sup>,主要包括原生质体转化法。

### 1.2 种子萌发

有研究表明低温对高羊茅种子发芽速率有明显减缓作用,而对发芽率影响不大<sup>[15]</sup>,随着渗滤液稀释强度的降低,种子的发芽势、发芽率、发芽指数和活力指数均增加<sup>[16]</sup>。硝酸钾处理浓度在0.1%~0.3%对高羊茅的发芽起抑制作用,赤霉素处理可对高羊茅的发芽起促进作用<sup>[17]</sup>。以N<sup>+</sup>离子束对高羊茅种子进行注入,结果表明在相同能量注量梯度下,高羊茅种子发芽率随注量梯度的增大而降低<sup>[18]</sup>,不同部位的白三叶水浸液对高羊茅的种子萌发都有促进作用,大小顺序为:叶水浸液>根茎水浸液>根际土壤水浸液<sup>[19]</sup>;随着硫酸钠处理浓度的加大,高羊茅的发芽率、发芽势、株高呈降低趋势<sup>[20]</sup>。另外实验研究表明,用铈浸种有助于高羊茅和黑麦草的萌发和初期生长,其最适宜的浓度范围是200~300 mg/L<sup>[21]</sup>。

### 1.3 基质优化选择

为了探索经济环保型高羊茅无土栽培基质,可利用草炭、腐殖质、作物秸秆等其它基质按不同比例混合组成新型绿色基质。牛常青等研究结果表明,粉煤灰与醋糟以1:2的体积比混合最适宜于高羊茅生长发育。其生长发育状况可比拟于东北草炭<sup>[22]</sup>;最适合高羊茅无土生产的污泥堆肥基质配方为50%污泥堆肥+20%河沙+30%珍珠岩和60%污泥堆肥+20%河沙+20%珍珠岩<sup>[23]</sup>,腐熟稻草作为草坪基质其基础营养优于土壤基质<sup>[24]</sup>。

### 1.4 农艺措施

通过对高羊茅草坪的昆虫群落及为害的调查,基本确定高羊茅草坪的昆虫种类,高羊茅草坪上的昆虫种类有70种,其中害虫47种,天敌23种。造成为害的种类14种,严重为害的有4种<sup>[25]</sup>。田间药效试验表明,25%丙辛乳油对淡剑夜蛾防效突出,药后1天防效55.06%,具有较好的推广应用价值<sup>[26]</sup>,同时高羊茅草坪褐斑病的发病、病原以及发病特点及不同草坪草品种对高羊茅冠锈病的抗性也有研究,并提出综合防治理念和措施<sup>[27]</sup>。

养护修剪对草坪质量影响十分明显,修剪高度以5~9 cm为佳,入冬及越夏前宜高剪(9 cm),其他季节宜矮剪(5 cm)<sup>[28]</sup>,修剪干扰下,不同处理间高羊茅再生速率等生物量对应的分配比例差异显著( $P<0.05$ )或极显著( $P<0.01$ ),高羊茅生物量及其分配格局发生显著变化<sup>[29]</sup>;在氮钾肥基础上增施磷肥能显著促进草坪草生长和品质改善,与对照相比,各施磷处理越冬期分蘖数、株高、叶片叶绿素含量(SPAD)等均有显著地提高<sup>[30]</sup>,草坪型高羊茅在种子生产上与牧草型高羊茅有着极大的差异,其生产中的需肥量与灌溉量要比牧草型种子要求高<sup>[31]</sup>。Richie等认为,在加州南部高羊茅的水分管理应以足量少频率(1周2次)为宜<sup>[32]</sup>。

## 2 抗性生理生态效应研究进展

### 2.1 干旱逆温效应

国外有关高羊茅比其他冷季型草更具抗旱性的报道不少<sup>[33-35]</sup>,而高羊茅品种之间的抗旱性也存在着很大的差异<sup>[36-37]</sup>。大都认为,不同属或同属不同品种之间抗旱性的差异主要是和根系的长度、密度以及根系的深度有关<sup>[38-39]</sup>,采用不同浓度PEG6000模拟水分胁迫处理6种高羊茅幼苗,综合分析苗期抗旱能力最强的是‘阳光宝贝’品种<sup>[40]</sup>。

在高温处理下,以15℃为对照,高羊茅的RWC含量和CAT活性明显下降,MDA和PRO含量明显增加,导致细胞膜脂过氧化,膜结构被破坏,生理功能紊乱,抗性下降<sup>[41]</sup>。采用长期高温胁迫对高羊茅光合特性和抗氧化酶活性的影响也有报道<sup>[42]</sup>,有研究表明较低的MDA含量和EL水平可能是冷季型高羊茅抗高温的标志之一,而DNA受伤害状况可能并不适合作为筛选高羊茅耐热性大小的重要指标<sup>[43]</sup>,有研究结果表明,在5℃低温下,CAT的活性在胁迫4 h时活性最大;当温度为-6~0℃时,酶的活性随着胁迫时间的延长而急剧下降,温度越低,下降越快,叶绿素含量随着胁迫时间的延长而下降,温度越低下下降越快<sup>[44]</sup>。

有研究结果表明,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>可能作为信号分子预先增加抗氧化酶的活性,改变抗氧化剂的浓度,从而减轻随后发生的热胁迫对草坪草造成的氧化伤害<sup>[45]</sup>。水分和养分及其耦合作用对高羊茅草坪草的生态性状有显著的影响,能最大限度地改善高羊茅草坪草的生态性状,延长高羊茅草坪草在高温胁迫下的绿期<sup>[46]</sup>,在夏季给高羊茅施入硝酸铵态氮效果最佳,有利于提高其耐热性,能使其安全越夏<sup>[47]</sup>。

### 2.2 耐盐效应

Horst等研究发现随盐度上升,高羊茅的发芽率和

生长呈下降趋势<sup>[48]</sup>,高羊茅各品种间耐盐性差异不显著,同一品种发芽期的耐盐能力优于苗期,汤巧香研究表明天津地区高羊茅草种的耐盐性指标最适值为0.14%<sup>[49]</sup>。Mantgem等对高羊茅等几种草坪草进行耐盐性研究发现,5种草坪草的电解质渗出率都增加,叶片水势降低,其叶片都出现不同程度的萎蔫<sup>[50]</sup>,300 mmol/L盐胁迫没有伤害高羊茅叶片的PSII和PSI的活性,其净光合速率的降低是由气孔导度降低引起的<sup>[51]</sup>,盐分胁迫首先直接影响细胞质膜,盐分胁迫对植物的伤害作用,在很大程度上是通过破坏生物膜的生理功能引起的<sup>[52]</sup>。

Meyer等用根和茎叶干质量来表示草坪草的相对生长率(PGR),并用PGR来评定抗盐能力<sup>[53]</sup>,Marcum等用绝对生长速率和相对生长速率、草坪质量以及体内脯氨酸和甜菜碱等有机物质的积累情况来综合评定<sup>[54]</sup>,在草坪基质中填充废胶粒,可以减轻盐胁迫对高羊茅的伤害,提高抗盐性<sup>[55]</sup>。

### 2.3 重金属效应

在不同浓度Cu<sup>2+</sup>胁迫下,高羊茅不同品种鲜重、干重、叶绿素含量和根系脱氢酶活性呈先上升后下降趋势,有的品种呈下降趋势,而7个高羊茅品种质膜透性均呈上升趋势<sup>[56]</sup>,相同的铅胁迫条件下,转基因高羊茅的生长状况较好,对铅的富集与转运能力也较强<sup>[57]</sup>,同时有人采用液培试验,研究了不同浓度Zn<sup>2+</sup>胁迫对高羊茅不同品种生长发育的影响<sup>[58]</sup>。有实验结果表明,用镉(Cd)、铜(Cu)、汞(Hg)进行种子处理后,高羊茅发芽率与细胞膜透性间存在较强的相关关系,发芽率和细胞膜透性与CAT呈负相关<sup>[59]</sup>,当Ni和Zn的浓度达一定水平时,高羊茅幼苗的生物量、叶绿素和可溶性蛋白质含量均有所下降,而游离脯氨酸含量和过氧化物酶活性则有所升高<sup>[60]</sup>。污泥堆肥研究表明高羊茅对Zn均表现出比Cu更强的富集能力<sup>[61]</sup>,其次是Cr、Ni,而对Cd、Pb的富集能力最低,就不同植物对同种重金属吸收而言,高羊茅对Zn、Cu、Cr和Ni的富集能力显著高于其他植物,在土壤湿度大或水分胁迫较小的情况下,高羊茅对Se有较强吸附能力,可净化重金属对土壤的污染<sup>[62]</sup>。

### 3 植物生长调节剂应用

高羊茅喷施不同浓度PP<sub>333</sub>的试验结果表明:低浓度(600~900 mg/m<sup>2</sup>)的PP<sub>333</sub>可延缓高羊茅的生长速度,能增大地下生物量,降低地上生物量,促进分蘖<sup>[63]</sup>,随着乙烯利处理浓度升高,高羊茅耐旱性逐渐提高<sup>[64]</sup>,施用多效唑、矮必施和乙烯利能降低草坪高度,均能促使

高羊茅体内赤霉素的含量降低,高羊茅草坪建植施用250 mg/L浓度的多效唑时效果最好<sup>[65]</sup>。缩节安和CaCl<sub>2</sub>具有一定的累加效应,可以促进幼苗生长,增强幼苗的抗逆性<sup>[66]</sup>,矮壮素可改变高羊茅的生长格局,使植株生长速率降低,根系变短,单株分蘖增多,其中以600、1000 mg/m<sup>2</sup>的矮壮素处理较为经济有效<sup>[67]</sup>。

### 4 研究展望

高羊茅生长发育与抗性效应研究已经取得了较大进展。目前对高羊茅的研究多数集中在品种比较和抗逆生理生态效应上,品种大多从国外引进,学者对育种技术和逆境调控技术的研究相对较少,尤其是在抗逆育种方面的研究开展的较少,而开展这方面的工作对于提高高羊茅抗逆性能和区域引种适应性有很大的实际意义。近年来国内外学者对高羊茅栽培管理、现代生物技术研究逐渐有所深入,但目前还存在种子发芽率低、市场品种混乱、盲目引种。鉴于高羊茅草坪草的重要生态功能和广阔的应用前景,应加强各方面的研究以便于综合分析利用高羊茅。

### 参考文献

- [1] 陈宝书.牧草饲料作物栽培学[M].北京:中国农业出版社,2001.
- [2] Buckner R C, Bush L P. Tall Fescue[M].USA: American Society of Agronomy Inc,1979:293-304.
- [3] Funk C R, Wiley W K, King D E, et al.Registration of Mustang tall rescue[J].Crop Sci,1984,24:1211.
- [4] DALE P J. Meristem tip culture in Lofium, Festuca, Phleum and Dactylis III [J].Plant Sci,1977(9):333-338.
- [5] 祁宏英,徐洪国.高羊茅成熟胚愈伤组织诱导及植株再生[J].安徽农业科学,2010(15):7772-7773.
- [6] 黎岚,李名扬.高羊茅胚性愈伤组织诱导及植株再生[J].畜牧与饲料科学,2009,30(1):58-59.
- [7] Rajoelina S R, Alibert G, Planchon C. Continuous plant regeneration from established embryogenic cell suspension cultures of Italian ryegrass and tall fescue [J].Plant Breeding,1990(104): 265-271.
- [8] 王健,徐子勤.高羊茅 FaChit1 基因cDNA 克隆及诱导表达[J].西北植物学报,2010,(5):869-875.
- [9] 王小利.高羊茅甘油醛-3-磷酸脱氢酶基因FaGAPDH的克隆与分析[J].基因组学与应用生物学,2010,(2):225-232.
- [10] 王小利,刘正书.高羊茅遗传多样性RAPD分析(简报) [J].草业学报.2007,8:82-86.
- [11] Betany A J E, Dalton S J, Timm E, et al. Agro bacterium tumefactions—mediated transformation of Festuca anmdinacea (Schreb.)and Loium mutlorum (Lam.) [J].Plant Cell Rep,2003,21: 437-444.
- [12] Ha S B, Wu F S, Thome T K. Transgenic turf-type tall fescue (Festuca anmdinacea Schreb.)plants regenerated from protoplasts[J].



- Plant Cell Rep,1992,11:601-604.
- [13] Wang Z Y, Takamizo T, Iglesias V A, et al. transgenic plants of tall fescue obtained by direct gene transfer to protoplasts [J]. *Biotechnology(N Y)*,1992,10(6):691-696.
- [14] Kuai B, Morris P. The physiological state of suspension cultured cells affects the expression of B-glucuronidase gene following transformation of tall fescue protoplasts[J]. *Plant Sci*,1995,110: 235-247.
- [15] 于天祥,王建成,段乃彬,等.低温胁迫下高羊茅种子发芽特性研究[J]. *山东农业科学*,2010(2):50-52.
- [16] 肖瑜,张敏,掌波,等.垃圾渗滤液对黑麦草和高羊茅种子萌发的影响[J]. *环境科学与技术*,2010(2):23-26,30.
- [17] 邹芬.不同处理对四个高羊茅品种种子发芽的影响[J]. *西南园艺*, 2006,(2):25-26.
- [18] 刘瑞峰,张志飞.N<sup>+</sup>离子束注入对高羊茅种子发芽率的影响[J]. *中南林业科技大学学报*,2008(5):81-83.
- [19] 谢苑,高素萍.白三叶水浸液对高羊茅种子萌发及幼苗生长的影响[J]. *安徽农业科学*,2008(9):3616-3618.
- [20] 高扬帆,孙凡彬,王勇,等.硫酸钠对高羊茅种子萌发和幼苗生长的影响[J]. *种子*,2008(5):75-77.
- [21] 滕萌,多立安.钬浸种对两种草坪植物种子萌发及其初期生长的影响[J]. *种子*,2007,(2):17-19.
- [22] 牛常青,杨艳君,张远东,等.醋糟粉煤灰不同比例混合基质对高羊茅生长的影响[J]. *晋中学院学报*,2010,(3):51-54.
- [23] 王建湘,周杰良,张扬珠.城市污泥用于高羊茅无土草毯生产研究初报[J]. *湖北农业科学*,2010,(5):1096-1098.
- [24] 付婷婷,唐成斌,张建波,等.不同草坪基质的高羊茅根际微生物数量对比研究[J]. *贵州农业科学*,2010,(4):110-112.
- [25] 王运兵,封光伟.高羊茅草坪主要害虫的综合治理技术[J]. *林木花卉*,2009,(2):146-148.
- [26] 蒋德祥,王育才.高羊茅冠锈病发生及防治[J]. *安徽农业科学*,2009,(11):5026-5027.
- [27] 曾兆明.高羊茅褐斑病防治技术研究[J]. *安徽农学通报*,2010,(4): 99.
- [28] 周桂珍,周席华.高羊茅草坪不同修剪高度对比试验研究[J]. *湖北林业科技*,2006,(6):32-34.
- [29] 吴开贤,陈蕴,赵玲,等.修剪干扰下高羊茅的生长与生物量分配[J]. *云南农业大学学报*,2010,(1):102-106.
- [30] 鲁剑巍,邹娟.施磷对越冬期高羊茅生长、养分吸收及抗寒性的影响[J]. *草地学报*,2008,(5):436-438.
- [31] William C Y. Management studies on Seed Production of Thud-Type Tall Fescue:Seed Yield[J]. *Agron*,1998(90):474-477.
- [32] Ri6hie W E, Green R L. Tall Fescue performance influence by irrigation scheduling, cultivar, and mowing height[J]. *Crop Sci.*,2002 (42):2011-2017.
- [33] Beard J & Turfgrass: Science and culture[M]. New Jersey: Englewood Cliffs,1973.
- [34] Turgeon A J. Turfgrass management[M]. New Jersey: Englewood Cliffs,1985.
- [35] Sheffer K M, Du1111 J H. lantern Summer drought response and rooting depth of three cool-season turf grasses[J]. *Hort-Science*, 1987,22:296-297.
- [36] White R H, Engelke M C, Morton S J, et al. Irrigation water equipment of zoysia grass[J]. *Turfgrass Scores*,1993,(7):587-593.
- [37] Cannw R N. Drought avoidance characteristics of diverse tall rescue cultivars[J]. *Crop Sci*, 1996,36:371-377.
- [38] Youner V B, Marsh A W, Strohmman R A, et al. Water use and quality of TD-season and cool season turf grasses[A]. Canada: Turfgrass Society and Union of Guelph,1981:25-27.
- [39] Beard J B. Turf grass water stress: Drought resistance comixnents physiological mechanisms, and specigenotype diversity[A]. Takatoh H PIDG 6th Inter. Turf. Sci[C]. Tokyo: Japan,1989:23-28.
- [40] 金忠民,黄真真,徐宏伟,等.水分胁迫下高羊茅幼苗的生理适应性[J]. *草地学报*,2010,(3):62-64.
- [41] 高祥斌,张秀省.高温对高羊茅几个生理指标的影响[J]. *中国农学通报*,2009,(14):153-156.
- [42] 金松恒,徐礼根.长期高温胁迫对高羊茅光合特性和抗氧化酶活性的影响[J]. *林业科学*,2009,(3):155-157.
- [43] 李良霞,李建龙.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,(1):37-39.
- [44] 张志,王世发,徐洪国,等.低温胁迫对高羊茅生长影响的研究[J]. *草业科学*,2009,(5):185-188.
- [45] 王艳,李建龙.信号分子H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>调节抗氧化系统提高高羊茅耐热性研究[J]. *草业学报*,2010,(1):89-94.
- [46] 江宏娟,李建龙,李良霞,等.高温胁迫下水肥耦合对高羊茅生态性的影响[J]. *草业科学*,2009,(7):152-157.
- [47] 李良霞,李建龙.不同氮源处理对高羊茅耐热性的调控研究[J]. *草业科学*,2008,(7):99-101.
- [48] Horst G L, Beadl N B. Salinity affects germination and growth of tall rescue cultivars[J]. *J Amer Soc Hort Sci*,1984,(3):419-422.
- [49] 汤巧香,蒋桂香.高羊茅草坪草的耐盐性鉴定研究[J]. *山东林业科技*,2009,(3):37-38,77.
- [50] Lin W, Harvivandi M. Regenerant wastewater irrigation and ion uptake in five turf grass species[J]. *Journal of Plant Nutrition*,1996 (12):1511-1530.
- [51] 姚广,王鑫.盐胁迫对高羊茅叶片光系统活性的影响[J]. *中国草地学报*,2009,(2):46-52.
- [52] Levitt J. Responses of plants to environmental stresses[M]. Academic Press,1980:375-393.
- [53] Meyer M T, Smith A L, Knight S L. Salinity effects on St. Augustine grass: A novel system to quantify stress response[J]. *Journal of Plant Nutrition*,1989,(7):893-908.
- [54] Marcum K B. Salinity tolerance mechanisms of six C<sub>4</sub> turf-grasses [J]. *J Amer Soc Hort Sci*,1994,(4):779-784.
- [55] 王静,赵树兰,多立安,等.土壤基质填充废胶粒建植高羊茅对NaCl胁迫的生理响应[J]. *中国草地学报*,2010,(3):88-92,101.
- [56] 张远兵,刘爱荣,王兵,等.铜胁迫下7个高羊茅品种耐性和铜积累能力的比较[J]. *安徽农业科学*,2010,(31):750-757.
- [57] 赵汝,韩烈保,曾会明.铅胁迫下转DREB1A高羊茅对铅的吸收与耐受性研究[J]. *草业学报*,2010,(2):54-60.
- [58] 张远兵,刘爱荣,董建国,等.9个高羊茅品种种子萌发和幼苗生长对锌胁迫的响应[J]. *中国生态农业学报*,2010,(2):371-376.
- [59] 李德明,张秀娟.几种重金属离子对高羊茅种子萌发及生理活性的响应[J]. *草业科学*,2008,(6):88-101.

- [60] 崔玮,谢宗平,马嘉奇,等.镍锌离子对高羊茅幼苗生理特性的影响[J].农业环境科学学报,2004(6):1093-1096.
- [61] 刘强,陈玲,黄游,等.污泥堆肥对园林植物生长及重金属积累的影响[J].草地学报,2010,(38):870-875.
- [62] Tennant T, Wu L. Effects of water stress Oil selenium accumulation in tall rescue from a selenium contaminated soil [J].Environmental Contamination Toxicology,2000,(38):32-39.
- [63] 高祥斌.多效唑对高羊茅坪用特性的影响[J].北方园艺,2010,(6):115-117.
- [64] 刘琳.乙烯利浸种对高羊茅耐旱性的影响[J].北方园艺,2009(12):205-206.
- [65] 郝俊,孙小玲,马鲁沂,等.三种生长调节剂对高羊茅生长特性及赤霉素含量的影响[J].草地学报,2009,(4):470-473.
- [66] 韩静,张志勇,汤菊香,等.缩节安与CaCl<sub>2</sub>复配剂对高羊茅幼苗生长的影响[J].湖北农业科学,2009,(3):657-659.
- [67] 刘伟,干友民.矮壮素对高羊茅的生长及内源激素含量的影响[J].湖北农业科学,2008,(12):1464-1466.