



Germplasm
Resources
Innovative and
Comprehensive
Utilization of
Pennisetum

狼尾草 种质资源创新与 综合利用技术

黄勤楼 黄秀声 冯德庆 等 著
陈钟佃 钟珍梅 陈志彤



科学出版社

狼尾草种质资源创新 与综合利用技术

黄勤楼 黄秀声 冯德庆 等 著
陈钟佃 钟珍梅 陈志彤

科学出版社

北 京

内 容 简 介

狼尾草属牧草是热带和亚热带地区的重要牧草,它是一年生或多年生禾本科牧草,全世界约有 140 种,多数原产于非洲。狼尾草属牧草作为优良的牧草品种,已被广泛引种利用,并培育出不少新的狼尾草品种。本书是作者研究团队根据十几年来在狼尾草属牧草品种选育、结构特性、栽培管理和综合利用等方面的研究成果撰写而成的,比较系统地介绍了狼尾草属牧草主要品种与种质资源创新、狼尾草属牧草结构与特性、狼尾草属牧草对肥料的响应、狼尾草属牧草在家畜生产中的综合利用、狼尾草属牧草在养鱼生产中的综合利用及狼尾草属牧草在种植食用菌与生物质能源利用等6方面研究内容。

本书多数内容都是建立在实践基础上的研究成果,技术性与实用性较强,可以供南方草业和畜牧工作者借鉴、交流和研讨。

图书在版编目(CIP)数据

狼尾草种质资源创新与综合利用技术/黄勤楼等著.—北京:科学出版社,2016.1

ISBN 978-7-03-046888-8

I. ①狼… II. ①黄… III. ①狼尾草—种质资源—资源利用—研究—中国 IV. ①S564.024

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 317815 号

责任编辑:李秀伟 白雪 / 责任校对:郑金红

责任印制:张伟 / 封面设计:北京图阅盛世文化传媒有限公司

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京东华虎彩印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2016 年 1 月第 一 版 开本:720×1000 B5

2016 年 1 月第一次印刷 印张:13 1/4

字数:270 000

定价:96.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

《狼尾草种质资源创新与综合利用技术》著者名单

著 者

黄勤楼 黄秀声 冯德庆 陈钟佃 钟珍梅 陈志彤

撰写人员

第一章	陈钟佃	黄勤楼	黄秀声	黄毅斌	冯德庆	钟珍梅
第二章	陈钟佃	陈志彤	林永辉	黄勤楼	黄秀声	黄毅斌
	冯德庆	刘明香	应朝阳	潘伟彬	李春燕	钟珍梅
	唐龙飞	张丽梅				
第三章	黄勤楼	黄秀声	陈钟佃	翁伯琦	陈 恩	钟珍梅
	冯德庆	林永辉	刘明香	张丽梅	李振武	杨 信
	唐龙飞	郑仲登				
第四章	黄勤楼	黄秀声	钟珍梅	冯德庆	李艳春	陈钟佃
	应朝阳	黄毅斌	黄水珍	邱思鹏	刘金伟	夏友国
第五章	冯德庆	唐龙飞	黄秀声	陈钟佃	郑仲登	
第六章	黄勤楼	黄秀声	陈钟佃	冯德庆	钟珍梅	唐龙飞
	郭仲杰	刘明香	林永辉			

序 言

狼尾草属 (*Pennisetum*) 牧草是热带和亚热带地区的重要牧草,它具有高效的光合作用能力,既抗旱又耐肥,同时兼耐湿、高产、优质等特点,在我国南方家畜饲养、养殖场废水消解、生态保护等方面发挥越来越重要的作用。在福建省农业科学院的大力支持下,2014 年我曾到福建省宁德和南平两个地区,调研了海岛、山地天然草地及人工草地建设和草畜结合等牧草生产利用情况,参观了福建长富乳业集团股份有限公司的两个牧场,在那里他们均种植了近千亩^①的狼尾草并青饲给奶牛,奶牛场粪尿通过厌氧沼气发酵后,又施肥给狼尾草草地,形成以狼尾草种植为基础、以奶牛养殖为主体的草畜结合高效生产模式。据调研,近 10 多年来,福建省丘陵山地已推广种植狼尾草属牧草约 20 万亩,狼尾草属牧草已成为南方草食畜牧业发展的主要草种。

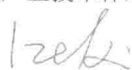
黄勤楼研究员所在的科研团队长期致力于南方牧草领域的研究工作。该书内容是他们十几年来在狼尾草属牧草领域的研究成果,书中介绍了狼尾草属牧草品种选育、结构与特性、牧草栽培、畜牧高效利用、草食性鱼类养殖及生态循环利用等多个方面,形成了狼尾草属牧草生产和利用较为系统的研究成果,在以草为纽带的循环农业体系建设、牧草在生态修复和污染治理领域的应用等方面得到示范与推广。书中内容技术性、实用性强,很多研究都建立在实践的基础上,不仅推动了示范区的农业产业结构调整 and 畜牧产业转型升级,有力促进了农业增效与农民增收,同时书中的一些技术方法和研究思路也为同行提供了重要借鉴。

我国南方地区的农业以粮食作物种植为主,动物生产仍以耗粮的猪禽生产为主,饲料用粮已成为推动粮食消费需求增长和缓解粮食安全压力的主要因素。大力发展牧草业,逐步改变耗粮型畜牧业为草食性畜牧业,无疑是缓解粮食安全压力的重要举措。但相对而言,包括福建在内的南方草食畜牧业发展还比较滞后,草食动物集约化养殖过程缺少优良饲草,需要进口大量苜蓿干草等。据调研,每

^① 1 亩 $\approx 666.7\text{m}^2$

年仅福建南平地区的奶牛场就要进口大约 3.5 万 t 的苜蓿，花费 1.2 亿元。南方地区光、热、水资源十分丰富，植物生长期长，70%以上的土地为丘陵和山地，适于牧草种植和开发利用，蕴藏着巨大的生产潜力。因此，如何实现“藏粮于草”，利用大量的非耕地资源发展草业，优化农业产业结构，是保障国家粮食安全和现代农业可持续发展的重要课题。我乐于推荐此书，并希望读者与作者交流，为推动我国南方草业的发展贡献一份力量。

国家牧草产业技术体系首席专家



张英俊 教授

2015 年 6 月 6 日

前 言

狼尾草属 (*Pennisetum*) 牧草是热带和亚热带地区的重要牧草, 它是一年生或多年生禾本科牧草, 全世界约有 140 种, 多数原产于非洲。狼尾草属牧草属于 C4 植物, 光合作用强, 生物量大, 作为优良的牧草品种, 已被广泛引种利用, 并培育出不少新的狼尾草品种。我国人工栽培利用的狼尾草属牧草主要有多年生的象草 (*P. purpureum*)、一年生的美洲狼尾草 (*P. americanum* 或 *P. glaucum*) 及象草与美洲狼尾草的杂交种。目前, 我国通过品种审定的狼尾草品种有 14 种, 另外还有不少暂未登记的地方品种。

从生态分布来看, 狼尾草属牧草现已遍及热带、亚热带地区。20 世纪 40 年代初, 我国的四川、广东从印度、缅甸引入象草试种, 并于 50 年代传入湖南、江苏、福建等地, 现在我国南方各省均普遍栽培。狼尾草属牧草喜温暖湿润气候, 日平均气温达 12~14℃ 及以上时才开始生长, 生长最适温度为 25~35℃, 能耐 40℃ 以上高温天气, 气温低于 10℃ 时生长明显受到抑制。杨洪军等 (2005) 在四川凉山州西昌市海拔 2200m 的寒温带气候区种植 1.33hm² 皇竹草, 试验结果表明, 皇竹草在该气候区, 不论是生产性能还是适用性, 都具有一定的推广种植价值, 但必须控制好水肥条件及育苗移栽等相关措施。

国内对狼尾草属牧草的研究主要集中在牧草品种选育和遗传多样性分析、生理生化、栽培技术及综合利用等领域。

(1) 品种选育和遗传多样性研究: 杂交育种在狼尾草属牧草上应用比较成功。例如, 通过杂交选育的狼尾草属牧草品种杂交狼尾草和热研 4 号王草, 由于产量高、品质优而在南方得到了广泛推广应用。此外, 直接从境外引进优良的狼尾草品系, 在国内进行适应性筛选研究, 也是获得优良牧草品种的一种快速有效的方法, 如通过国审的桂闽引象草, 就是直接从台湾引进狼尾草台畜 2 号, 经过多年的适应性筛选而成为当地的当家草种。目前, 狼尾草转基因育种在国内外也日益引起人们重视, Maram Girgi 等 (2002) 采用微弹轰击法轰击美洲狼尾草角质鳞片组织, 成功获得抗除草剂转基因植物。王凭青等 (2005, 2007) 通过农杆菌介导法转化杂交狼尾草叶片, 成功获得转基因再生植株。同时, 国内学者还应用形态学分析、细胞学分析、同工酶分析、分子标记等方法, 对狼尾草属牧草进行种质资源分析, 从而有效地分析狼尾草属牧草的分子、细胞结构及遗传多态性。陈志

彤等(2010)对来自福建、江苏、海南等 15 份狼尾草属牧草的 5.8S rDNA、内转录间隔区(ITS)1 及 ITS2 片段进行克隆及序列分析,并登录于 GenBank 数据库,采用 DNAMAN、CLUSTAL X、MEGA 等软件分析其遗传关系聚类图。结果显示,克隆的目的片段长度为 573~586bp,聚类结果总体上能较好地反映狼尾草属牧草之间的遗传距离。

(2) 生理生化研究:主要包括狼尾草的发育生理、狼尾草的抗逆性及其他相关生理特性等方面的研究。尤其是狼尾草的抗逆性研究及利用其抗逆性为生产服务越来越受到人们的关注。有研究发现,低浓度 Cr^{6+} 能有效促进象草(*P. purpureum* Schum.) 生长,从而使其在修复 Cr^{6+} 污染的环境方面具有一定的应用前景。

(3) 栽培技术研究:主要包括肥料运筹、刈割、播种密度、播期、不同复种方式等栽培技术研究,大量的生产实践和研究表明,不同栽培方式对狼尾草产量、品质具有较大的影响。黄勤楼等(2009)研究了 4 种施氮水平对杂交狼尾草产量、粗蛋白含量和氮素生产效率的影响,以及牧草产量、粗蛋白含量与施氮量和各种农艺性状的相关性,发现杂交狼尾草在一定的施氮量范围内,随着施氮量增加,牧草的干物质积累总量、粗蛋白产量和氮素积累总量也在增加,而牧草的氮素干物质生产效率、干物质生产效率、粗蛋白生产效率、氮素农艺效率和氮素表观回收率都逐渐降低。黄秀声等(2012)采用土柱栽培法,利用不同氮素水平的沼液浇灌闽牧 6 号狼尾草,研究发现狼尾草植株的硝酸盐含量受沼液中氮素水平的影响较大,但牧草各个刈割期的硝酸盐含量均低于畜牧利用的有毒限量指标 0.25%。刘敬阳等(2005)研究了两种切口方式(平口和斜口刈割)和 3 种留茬高度(5cm、12cm、20cm)对杂交狼尾草产草量的影响,结果表明以斜口刈割、留茬 12cm 的产量最高。

(4) 综合利用研究:狼尾草既抗旱又耐湿、耐肥。在山地正常管理下,一年可产鲜草 $150\text{t}/\text{hm}^2$ 以上,在肥水充足的条件下,尤其在养殖场通过沼液灌溉,鲜草产量可达 $300\text{t}/\text{hm}^2$ 以上。由于其产量高且草质柔软、适口性好,已成为南方牛、羊、鱼、兔、鹅等畜禽重要的饲草资源,目前在畜牧上主要集中在对其营养品质、加工及饲养效果等方面的研究。冯德庆等(2008, 2011, 2013)研究发现狼尾草富含 α -亚麻酸,其相对含量达到 61.0%~67.6%,通过草鱼、肉兔、奶牛等动物利用,可实现在体内的有效转化,从而提高畜产品品质。黄秀声等(2008, 2011)通过狼尾草打浆分别饲喂肉猪和早中期怀孕母猪,研究表明,在基础日粮的基础上,以每头肉猪每天饲喂 0.5kg 的牧草效果最好,肉猪日增重提高 5.17%,经济效益增加 8.4%;而怀孕早中期母猪每头每天通过饲喂 2~4kg 狼尾草草浆来补充纤维来源,可提高母猪的生产性能和仔猪质量,尤其以每头每天饲喂 4.0kg 鲜草,饲料

粗纤维含量达 8.24%~9.41%时效果最佳。此外,国内外学者还在狼尾草土壤改良与水土保持、造纸、绿化观赏、食用菌栽培料、生物质能源等方面开展研究与应用,并取得一些重要成果。

福建省素有“八山一水一分田”之称,属多山省份,山丘多、平原少,耕地相对缺乏,山地比例达 75%,加上丘陵约占 90%。福建省农业用地特别是耕地比重小,仅占总土地面积的 10.64%,人均耕地面积不到全国人均水平的一半,是最少的省份之一,人多地少的矛盾突出。但福建省丘陵区水热资源丰富,绝大部分地区的气候是湿润的中亚热带和南亚热带海洋性气候,气候温暖,全省年平均气温 15~21℃,年积温为 5500~7500℃,雨量充沛,全省各地年降水量为 1000~2000mm,季节变化明显,可谓是光足、热多、水适,生产潜力高,是全国土地生产潜力最高的区域之一,发展草地畜牧业的潜力巨大。利用大量的非耕地资源发展草业,不仅可为节粮型畜牧业提供饲草料,还可增加草地覆盖,保持水土,改善生态环境,促进农业可持续发展与农业结构调整。正是基于这种认识,福建省农业科学院从 20 世纪 80 年代开始就注重草业的发展研究,其中包括狼尾草属牧草的引种、选育、综合利用、推广示范等研发工作。

本书是作者研究团队根据十几年来在狼尾草属牧草领域的研究成果撰写而成的,共分为 6 章:第一章介绍国内主要推广和种植应用的狼尾草属牧草品种,包括概述、植物学特征、生物生态学特性、栽培技术要点及营养价值和利用;第二章介绍了开展狼尾草属牧草结构与特性研究的成果,包括杂交狼尾草茎叶解剖结构及其与主要生物学特性的联系、6 种狼尾草营养成分及瘤胃降解动态研究、杂交狼尾草等 28 种牧草的脂肪酸组成分析研究、随机扩增多态性 DNA (random amplified polymorphic DNA, RAPD) 技术在狼尾草属牧草上的应用、狼尾草属牧草 rDNA 的 ITS 序列分析、刈割频率对杂交狼尾草生长和产量的影响、热研 4 号王草的适应性及其在福建的推广应用;第三章介绍了开展狼尾草属牧草对肥料响应研究的成果,包括施氮对杂交狼尾草产量及硝酸盐含量的影响,施氮水平对杂交狼尾草产量、品质和氮素吸收利用的影响,叶绿素 SPAD 值与杂交狼尾草施氮水平和农艺性状的关系,施氮对杂交狼尾草和墨西哥玉米硝酸盐积累及氮素回收率的影响,浇施沼液对狼尾草植株硝酸盐累积的影响及其氮素利用率研究,沼液及羊粪对杂交狼尾草生产力和营养成分的影响;第四章介绍了开展狼尾草属牧草在家畜生产中综合利用的研究成果,包括“奶牛-沼气-狼尾草”循环型农业系统的能值分析、规模化牛场“肉牛-沼气-狼尾草”循环农业模式能值分析、杂交狼尾草治理规模化猪场污染效果研究、不同施肥处理的杂交狼尾草打浆后饲喂育肥猪效果研究、杂交狼尾草打浆后饲喂早中期妊娠母猪效果研究、不同添加剂杂交狼尾

草青贮效果研究、杂交狼尾草青贮饲喂肉猪效果研究、杂交狼尾草对肉兔生长性能和脂肪酸组成的影响、狼尾草等优质牧草草场建设及山羊分区轮牧效果研究、杂交狼尾草山地种植及山羊放牧适口性比较研究、南方果园套种杂交狼尾草等优质牧草及养兔效果的研究；第五章介绍了开展狼尾草属牧草在养鱼生产中综合利用的研究成果，包括杂交狼尾草对提高草鱼品质的研究，杂交狼尾草对草鱼肉脂肪酸组成的影响，杂交狼尾草、印度豇豆喂草鱼试验研究，南方红壤山区鱼用杂交狼尾草等牧草利用技术研究，山区小流域种植杂交狼尾草等人工牧草饲养草鱼高产技术；第六章介绍了开展狼尾草属牧草在其他方面综合利用的研究成果，包括杂交狼尾草栽培料对双孢蘑菇产量及品质的影响、狼尾草属牧草沼气发酵产气效果研究、以狼尾草等优质牧草为纽带的山地小流域农业产业结构调整与配套技术应用效果等。

本书的相关研究和出版得到了国家科技支撑计划课题“优质牧草资源开发与多元化草产品加工利用关键技术与集成示范”（2011BAD17B02）、“东南地区农田秸秆菌业循环生产技术集成研究与示范”（2007BAD89B13）、“东南地区农牧废弃物多级循环利用技术集成与示范”（2012BAD14B15），公益性行业（农业）科研专项课题“功能性微生物制剂在食用菌业副产物资源转化与利用中的研究与应用”（201303094-04），福建省科技厅重点项目“规模化猪场牧草治污及循环利用技术示范推广”（2009S0103），福建省自然科学基金项目“‘植物（杂交狼尾草）-土壤’体系对养殖场废弃物 N 素环境容量研究”（2008J0118）、“狼尾草属牧草沼气发酵产气效果研究”（2009J01086）、“杂交狼尾草亚麻酸对草鱼脂质代谢的影响”（2011J01102）、“‘猪粪污-土壤-杂交狼尾草’体系重金属迁移规律研究”（2012J01104）、“饲喂狼尾草属牧草对猪肉肌内脂肪组成及品质的影响”（2013J01105），以及福建省公益类科研专项和福建省发改委“五新”项目等 23 个相关项目资助。本书在撰写和出版过程还得到许多专家的帮助与支持，在此，向为本书顺利出版提供帮助的各级领导、同事和相关单位致以衷心的感谢。

由于时间仓促，作者水平有限，难免出现疏漏或不妥，书中不当之处敬请同行专家与广大读者批评指正。

作 者

福建省农业科学院

2015 年 4 月 15 日

目 录

序言

前言

第一章 狼尾草属牧草品种	1
第一节 象草	1
第二节 美洲狼尾草	3
第三节 杂交狼尾草	4
第四节 王草	7
第五节 矮象草	8
第六节 红象草	9
第七节 闽牧 6 号狼尾草	11
第八节 闽草 1 号狼尾草	12
参考文献	14
第二章 狼尾草属牧草的结构与特性	15
第一节 杂交狼尾草茎叶解剖结构及其与主要生物学特性的联系	15
第二节 6 种狼尾草营养成分及瘤胃降解动态研究	21
第三节 杂交狼尾草等 28 种牧草的脂肪酸组成分析研究	27
第四节 RAPD 技术在狼尾草属牧草上的应用	32
第五节 狼尾草属牧草 rDNA 的 ITS 序列分析	37
第六节 刈割频率对杂交狼尾草生长和产量的影响	44
第七节 热研 4 号王草的适应性及其在福建的推广应用	49
参考文献	52
第三章 狼尾草属牧草对肥料的响应	57
第一节 施氮对杂交狼尾草产量及硝酸盐含量的影响	57
第二节 施氮水平对杂交狼尾草产量、品质和氮素吸收利用的影响	62
第三节 SPAD 值与杂交狼尾草施氮水平和农艺性状的关系	67
第四节 施氮对杂交狼尾草和墨西哥玉米硝酸盐积累及氮素回收率的影响	72
第五节 浇施沼液对狼尾草植株硝酸盐累积的影响及其氮素利用率研究	78
第六节 沼液及羊粪对杂交狼尾草生产力和营养成分的影响	86

参考文献	90
第四章 狼尾草属牧草在家畜生产中的综合利用	93
第一节 “奶牛-沼气-狼尾草”循环型农业系统的能值分析	93
第二节 规模化牛场“肉牛-沼气-狼尾草”循环农业模式能值分析	102
第三节 杂交狼尾草治理规模化猪场污染效果研究	108
第四节 不同施肥处理的杂交狼尾草打浆后饲喂育肥猪效果研究	112
第五节 杂交狼尾草打浆后饲喂早中期妊娠母猪效果研究	117
第六节 不同添加剂杂交狼尾草青贮效果研究	122
第七节 杂交狼尾草青贮饲喂肉猪效果研究	126
第八节 杂交狼尾草对肉兔生长性能和脂肪酸组成的影响	133
第九节 狼尾草等优质牧草草场建设及山羊分区轮牧效果研究	137
第十节 杂交狼尾草山地种植及山羊放牧适口性比较研究	142
第十一节 南方果园套种杂交狼尾草等优质牧草及养兔效果的研究	146
参考文献	149
第五章 狼尾草属牧草在养鱼生产中的综合利用	153
第一节 杂交狼尾草对提高草鱼品质的研究	153
第二节 杂交狼尾草对草鱼肉脂肪酸组成的影响	156
第三节 杂交狼尾草、印度豇豆喂草鱼试验研究	159
第四节 南方红壤山区鱼用杂交狼尾草等牧草利用技术研究	162
第五节 山区小流域种植杂交狼尾草等人工牧草饲养草鱼高产技术	166
参考文献	168
第六章 狼尾草属牧草在其他方面的综合利用	170
第一节 杂交狼尾草栽培料对双孢蘑菇产量及品质的影响	170
第二节 狼尾草属牧草沼气发酵产气效果研究	174
第三节 以狼尾草等优质牧草为纽带的山地小流域农业产业结构调整与配套技术应用效果	183
参考文献	189
附件	

第一章 狼尾草属牧草品种

狼尾草属 (*Pennisetum*) 牧草为一年生或多年生禾本科牧草, 分布于热带和亚热带地区。全世界约有 140 种, 多数原产于非洲。我国人工栽培利用的品种主要有多年生的象草 (*P. purpureum*)、一年生的美洲狼尾草 (*P. americanum*) 及象草与美洲狼尾草的杂交种等。本章介绍的主要是目前我国栽培利用的狼尾草属牧草主要品种和近年来笔者开展种质资源创新育成的新品种。

第一节 象 草

一、概述

象草, 学名 *P. purpureum* Schum., 别名紫狼尾草。象草原产于非洲, 引种栽培至印度、缅甸及大洋洲和美洲。20 世纪 40 年代初, 我国的四川、广东从印度、缅甸引入试种, 并于 50 年代传入湖南、江苏、福建等地, 现在我国南方各省均有栽培。1960 年, 广东省从印度尼西亚引进象草, 经过 30 多年的栽培驯化, 形成了一种高产优质的地方品种, 于 1990 年通过品种登记, 定名为华南象草 (*P. purpureum* Schumach cv. Huanan)。

二、植物学特征

象草系禾本科狼尾草属多年生草本植物。须根系发达, 大部分根系分布在 40cm 左右的土层中, 在温暖潮湿季节, 中下部的茎节能长出气生根。茎丛生、粗壮、直立, 呈圆柱形, 直径 1.5~3.0cm, 株高 3~4m, 高者可达 5m 以上, 分蘖多, 常达 50~100 个。叶互生, 长 40~100cm, 宽 1~4cm, 有细密锯齿状叶缘, 叶面具茸毛, 叶鞘边缘具粗密茸毛。叶舌小, 穗状圆锥花序, 黄褐色, 穗长 15~30cm, 每穗由 250 个左右的小穗组成, 小穗通常单生, 长约 6.0cm, 每小穗着花 3 朵。

三、生物生态学特性

象草喜温暖湿润气候。适宜在南北纬 10°~29° 的热带和亚热带地区栽培。气温为 12~14℃ 时开始生长, 25~35℃ 生长迅速, 8~10℃ 生长受抑制, 5℃ 以下停止生

长。连续受冻，有被冻死的危险。在福建西北地区的冬天，象草地上部分易遭冻害，但地下部分仍能正常过冬。在广东、广西、福建地区，从每年的2月中旬到12月均能生长，4~9月生长最旺，10月以后生长速度减慢。

细茎种象草10月抽穗，粗茎种象草11月至次年2月抽穗开花，种子成熟时易脱落，但一般结实率很低，故多采用无性繁殖。

对土壤要求不严，砂土、壤土和微酸性土壤均能种植，但以土层深厚、肥沃疏松的壤土最适宜。象草是喜肥作物，尤其对氮肥敏感，只要水肥充足，就能获得高产与稳产。由于根系发达，故有较强的耐旱能力。

象草的分蘖数与刈割、土壤肥力、雨量和季节有关。刈割次数多分蘖数多，高割（距地面20cm）的分蘖数多，肥地的分蘖数多，雨季的分蘖数多，否则相反。

象草前3年长势较旺，产量高，以后逐年减弱，产量渐低。通常利用3~4年后，分蘖减少，产量下降，需重新种植。但栽培利用得当，可延至5~6年，甚至10年以上。

四、栽培技术要点

整地与基肥：应选择排灌良好，土层深厚，疏松肥沃的土壤为宜。耕深20cm，每亩可施厩肥1500~2000kg。红黄壤山地，要施钙镁磷肥，施肥量450kg/hm²（含P₂O₅≥12%）。新垦地要提前一两个月深翻，施基肥后再种植。栽植前整土作畦，畦宽90cm，沟深15cm，畦间留25~30cm排水沟，作为操作、灌溉和排水用。

种植：一般在春季3月份进行，当平均温度达13~15℃时，即可种茎繁殖。要选择生长期在100d以上，株高达2m左右的粗壮、无病虫害的茎秆做种茎。这样的种茎每亩需100~200kg。把种茎每2~3个节切成一段，平埋种植，覆土4~6cm；或斜插，与地面成45°角，入土1~2节，顶端一节露出地面；也可用根繁殖，每兜有2~3个芽即可；行株距为60cm×50cm。

管理：种植后应注意灌溉，保持土壤湿润，便于出苗。种植后10~15d苗基本出齐，如有缺株，及时补插。苗高20cm时即可追施氮肥，每亩施尿素5kg。在未封行前，要中耕除草1~2次，便于加速分蘖和生长。

象草生长快，生长期长，刈割次数多，对养分的需要比一般禾本牧草高得多，对氮、磷、钾的要求更为突出，故在每次刈割后，要及时松土、追肥和培土，以利象草再生。追肥以氮肥为主，施用尿素每次每亩10kg。每年年底，在行间埋施有机肥，可取得较好的效果。

在福建西北地区，种茎可用埋土法保藏过冬，即在霜冻前将种茎砍下，埋藏在土坑内，覆土50cm；也可将种茎放入窖中，保持窖内温度7~8℃，最低不得低于4℃。如果采用温室贮存种茎，室内温度不低于6℃，也可安全越冬。

五、营养价值和利用

象草多用于青饲,也可制作青贮,一般在种植后 2.5~3 个月,株高达 100~150cm 时即可刈割。留茬高度 5~8cm。一年可刈割 5~7 次,产鲜草 15 万~35 万 kg/hm²,饲喂期 4~11 月,长达 240d,普遍用来养牛、养羊、养兔和养鱼。鲜草中干物质含量为 13%~22%。干物质中含粗蛋白 10.6%,粗脂肪 2.0%,粗纤维 33.1%,无氮浸出物 44.7%,粗灰分 9.6%。据广东省燕塘畜牧场资料,每年的 3~5 月,每 40~50d 割一次,6~9 月每 25~30d 割一次,10 月至次年 2 月每 70~80d 割一次为合适。

第二节 美洲狼尾草

一、概述

美洲狼尾草,学名 *P. americanum* (L.) Schum., 英文名 penicillania 或 pearl millet, 又名御谷、珍珠粟、蜡烛稗、非洲粟、猫尾粟、唐人稗。美洲狼尾草原产于南非。两千年前在东非、中非及印度的干旱地区作为作物栽培,在 16 世纪中叶从印度传入欧洲的比利时。1850 年引入美国,主要在干旱地区栽培,作为饲料作物代替苏丹草和高粱。在印度、巴基斯坦及非洲的一部分地区作为粮食栽培。美洲狼尾草在高温干旱地区生育快,是优质饲料作物和粮食作物。我国也有地方种分布,近 10 多年来,以长江中下游地区为中心,作为饲料栽培的面积在逐步扩大。

我国栽培利用的美洲狼尾草品种,经过全国牧草品种审定委员会审定登记的有 2 个,分别是宁杂 3 号和宁杂 4 号,都是江苏省农业科学院土壤肥料研究所育成的。

二、植物学特征

美洲狼尾草为禾本科狼尾草属一年生草本植物,株形较紧凑,株高 2~3m。须根系发达,可从下部茎节长出不定根。茎秆圆柱形,直径 1~2cm,茎生叶 16~25 片,叶长条形,互生,叶长 30~100cm,宽 1~5cm,中肋明显,叶质地较柔软,苗期叶边缘呈微波浪形。分蘖力强,一般每株约 10 个,最多可达 15~20 个。叶宽条形,长 60~80cm,宽 2~3cm。穗状花序,紧密,呈柱状,穗长 20~30cm,直径 2~2.5cm,每穗着生种子 3000~5000 粒。生育期变化大,早熟种 60~95d,中熟种 100~130d,晚熟种 130~180d。种子千粒重为 6~10g。

三、生物生态学特性

美洲狼尾草喜高温湿润气候条件，发芽最适温度为 20~25℃，生长最适温度为 30~35℃。美洲狼尾草初期生长非常好，耐旱、耐湿性和高粱相似，耐酸、较耐盐、抗倒伏并耐瘠薄。对氮肥特别敏感，只有在高氮肥供给下，才能发挥其生产潜力。在灌溉条件下，才能获得高产。有极广泛的适应性，我国从南到北除酸性极强的土壤外，中度以上的盐土上均可生长。它不耐寒，所以无霜期越长的地区，其生物产量越高，在长江中下游及以南地区，亩产可达 7500~10 000kg，是解决夏季缺青的优质高产牧草。

四、栽培技术要点

美洲狼尾草栽培时要选择土层深厚、疏松肥沃的地块，耕翻平整，结合整地每亩施用厩肥 1000~2000kg 作基肥。种子发芽要求温度较高，春播宜稍推迟至日平均气温 10℃ 以上。条播行距 40~50cm，播深 2~3cm，播种量每亩 1~1.5kg。幼苗生长缓慢，注意中耕除草。拔节期生长迅速，适宜追施速效氮肥，有灌溉条件的地区及时浇灌。株高 1~1.5m 时刈割或抽穗前刈割，留茬高 10cm，刈割后浇水并追施氮肥，促进再生。年可刈割 2~4 次，产鲜草 30 000~60 000kg/hm²。

五、营养价值和利用

美洲狼尾草茎叶干物质中含粗蛋白 13.4%，粗脂肪 3.1%，粗纤维 29.9%，无氮浸出物 43.8%，粗灰分 9.8%，其中钙 1.49%、磷 0.3%。抽穗前茎叶柔嫩可青饲，草食家畜均喜采食品，也是草食性鱼类的优质青饲料。用作青贮时宜抽穗刈割，亦可调制干草。

第三节 杂交狼尾草

一、概述

杂交狼尾草，学名 *P. americanum* × *P. purpureum*。于 1981 年从美国引入我国，是以美洲狼尾草为母本（*P. americanum*）、以象草为父本（*P. purpureum*）的杂交种，我国于 1989 年审定。由于母本美洲狼尾草是二倍体，而父本象草是四倍体，两者的杂交种是一个三倍体，所以其后代不结实，通常用杂交一代种子或无性繁殖在生产上应用。

二、植物学特征

杂交狼尾草是禾本科多年生草本植物。根深密集，须根发达，主要分布在0~20cm土层内，下部的茎节能生气生根。植株高大，一般株高3.5m左右，最高可达4m以上，茎秆圆形，丛生，粗硬直立，一般每株分蘖约20个；在高产栽培条件下，经多次刈割利用后，其分蘖也可以成倍增加。在通风透光、肥水条件充裕的条件下，单株栽培的植株分蘖可达200个以上。每个分蘖茎有20~25个节间。叶长条形，互生，叶长60~80cm，宽2.5cm左右，但经多次刈割后，再生苗的叶较窄；叶边缘密生刚毛，叶面有稀毛，中肋明显。叶鞘和叶连接处有紫纹。叶色比象草淡，叶呈微波浪形，质地较柔软。9月下旬至10月上旬抽穗开花，圆锥花序呈柱状。穗黄褐色，长20~30cm，穗径2~3cm。小穗披针形，近于无柄，2~3枚簇生成一束，每簇下围以刚毛组成总苞，由于花药不能形成花粉，或者柱头发育不良，所以一般没有种子生成。

三、生物生态学特性

杂交狼尾草喜温暖湿润的气候，在日平均气温达到15℃以上时才开始生长，25~30℃时生长最快，气温低于10℃时生长明显受到抑制，低于0℃的时间稍长就会被冻死。

杂交狼尾草既抗旱又耐湿。在干旱少雨季节不会枯死，但产量明显下降。在根部淹水较长的情况下，也不会被淹死，只是长势差。在大田栽培，尚未发现因土壤湿度过大而死亡的现象。

具有一定的耐盐性。根据盆钵扦插试验，在含氯盐0.5%的土壤上仍立苗不死，但长势差，土壤氯盐含量达0.55%以上时则不能立苗。

杂交狼尾草植株高大，根部发达，吸肥力强，生物产量高，对肥料特别是氮素肥料需求量大，因此要求有充足的肥料供应。在氮肥充足的条件下，亩产可超过1万kg，比不施肥的每亩要增产50%左右。对微肥锌特别敏感，在缺锌的土壤上种植，叶发白，生长不良，如不及时补锌肥则会造成植株死亡。

杂交狼尾草对土壤要求不严，在各种土壤上均可生长，以土层深厚、保水良好的黏质土壤最为适宜。在瘠薄的土壤上，只要加强肥水管理，同样可以获得较高的产量。

杂交狼尾草一旦抽穗开花（9月底），就会生长变慢，草质变差，这点不及象草。

四、栽培技术要点

整地与基肥：去除前作残茬或其他杂草杂物，土壤耕深20cm，打碎大土块，