

ALFALFA
SCIENCE

苜蓿科学

洪绂曾 主编

 中国农业出版社

ALFALFA
SCIENCE

苜蓿科学

洪绂曾 主 编
卢欣石 高洪文 副主编

中 国 农 业 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

苜蓿科学/洪绶曾主编. —北京: 中国农业出版社,
2009. 8

ISBN 978-7-109-13493-5

I. 苜… II. 洪… III. 紫花苜蓿—研究 IV. S551

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 120754 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100125)

责任编辑 郭永立

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 36.5

字数: 827 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 108.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

编委会名单

主 编 洪绂曾

副主编 卢欣石 高洪文

主要编者

- | | | | | | |
|------|-----|-----|------|-----|-----|
| 第一章 | 洪绂曾 | 卢欣石 | 蒋尤泉 | 邓 波 | |
| 第二章 | 侯向阳 | 孙启忠 | 苗 阳 | 陈 巍 | |
| 第三章 | 曹致中 | 张颖娟 | 莫本田 | | |
| 第四章 | 杨青川 | 孙洪仁 | | | |
| 第五章 | 毛培胜 | 张英俊 | 师尚礼 | | |
| 第六章 | 卢欣石 | 王铁梅 | 金晓明 | 艾 琳 | |
| 第七章 | 米福贵 | 李孔晨 | | | |
| 第八章 | 宁国赞 | 师尚礼 | | | |
| 第九章 | 杨青川 | 李 红 | 韩瑞宏 | 王锁民 | 毕玉芬 |
| 第十章 | 李向林 | 李志坚 | 李锦华 | | |
| 第十一章 | 赵茂林 | 石凤翎 | 张 博 | | |
| 第十二章 | 米福贵 | 石凤翎 | 姚春燕 | | |
| 第十三章 | 曹致中 | 李 聪 | 石凤翎 | 张 博 | 周良彬 |
| 第十四章 | 李 聪 | 马辉玲 | 魏臻武 | 于林清 | 王晓娜 |
| 第十五章 | 张文淑 | 于林清 | 皇甫江云 | | |
| 第十六章 | 陈默君 | 周 禾 | 徐安凯 | | |
| 第十七章 | 周 禾 | 陈默君 | 张英俊 | 张蕴薇 | |
| 第十八章 | 王 堃 | 杨青川 | 孙洪仁 | | |
| 第十九章 | 高洪文 | 孟 林 | 毕玉芬 | 张金鹏 | |

第二十章 李春杰 刘长仲 南志标 贺春贵 张静妮
袁庆华 高 菲

第二十一章 武菊英 李 红 姚 拓

第二十二章 玉 柱 毛培胜 吕世海 宋雪峰

第二十三章 王赞文 韩建国 徐安凯 徐大伟

第二十四章 孟 林 王成章 李志强 王红柳

第二十五章 戎郁平 张英俊 安 渊

第二十六章 胡跃高 王成章 赵青山

為我國第一部

首籍學術巨著出版也

歡呼！

任繼周

二〇〇九年八月

□□□□□□□□□□□□□□□□

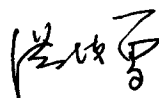
20 世纪,特别是新中国成立以来,苜蓿一直受到科学家、生产者和企业家的关注。虽然由于政策和农业产业结构调整等原因,苜蓿的播种面积起伏

波动，苜蓿作为商品草产业发展缓慢。进入 21 世纪以来，苜蓿的保留和播种面积在 230 万～260 万 hm^2 。显然在现代农业与现代畜牧业进程中还有较大的发展空间。近年来，尤其是乳牛业中发生三聚氰胺事件后，人们从吸取的教训中加深了对苜蓿的认识，从而更快提升了国内市场需求。

苜蓿科学与技术是苜蓿产业发展的基础。在国家和一些地方政府支持下，我国草业科技工作者投入了较多人力、财力，应用先进的遗传学、生理学、生态学、管理学等原理，重点研究了苜蓿的遗传资源现状，遗传特性和优良品质，品种培育和种质创新，高产栽培和加工利用，营养评定与饲养利用，产业发展与管理等，取得了一批理论成果，推广了一批优良技术，培养了一批苜蓿科学技术人才，使苜蓿科学成为我国草学研究中相对成熟、最为普及的领域。

为了进一步系统地总结几千年来我国在苜蓿科学领域取得的成果，推进并指导苜蓿产业顺利发展，在任继周院士的建议和指导下，我们组织了一批多年从事苜蓿研究与应用的老专家和现今活跃在苜蓿科技研究第一线的中青年学者，总结各自所积累的研究成果，并搜集大量国内外文献，撰写成《苜蓿科学》一书。为了更多体现中国的特色，为了汇集更多最新科技的研究成果，本书编撰工作从 2003 年开始，在完成第一稿后，又从 2006 年起做了一次比较重大修改。全书共 26 章，力求科学而尽可能全面地反映出国内外苜蓿研究的最新理论和技术成果，并且对学科前沿问题和技术探讨的热点问题作出综述和阐释。为了编写好这部科学专著，参加编写的人员尽了最大努力，参阅了大量文献，整理了 1 000 余篇相关文献目录附录于后，便于读者参考与应用。

本书的编写出版得到了农业部科教司和畜牧业司、草原监理中心的大力支持和帮助，得到了卢欣石和高洪文两位教授的通力合作和全体老中青编委的悉心参与，再次一并表示衷心感谢。虽然作出努力，但是疏漏和错误之处在所难免，敬请不吝指正。



2009年5月于北京

目 录

前言

第一章 世界苜蓿的分布、起源与分类	1
一、苜蓿的起源	1
二、苜蓿的分布	1
三、苜蓿的种属	2
(一) 苜蓿多样性起源中心	3
(二) 多倍性	3
(三) 繁育系统	3
(四) 进化	4
(五) 苜蓿分类	4
(六) 紫花苜蓿复合体	8
(七) 苜蓿的遗传分类	10
第二章 苜蓿的经济功能与生态功能	13
一、苜蓿共生固氮是农业生态系统中氮循环的重要环节	13
二、参与碳循环	13
三、优质牧草——家畜全价饲草	14
四、优良绿肥作物——土壤的卫士	15
五、恢复植被	16
(一) 苜蓿是改良退化草地的先锋植物	16
(二) 苜蓿是重建草地的首选牧草	16
(三) 苜蓿是退牧还草的支柱性饲草	17
六、保持水土	17
(一) 苜蓿植被形成快, 水土保持效果显著	17
(二) 苜蓿根系发达, 可增强土壤抗侵蚀力	18
七、苜蓿是“草—畜—肥—粮”物质循环中的重要成分	18
八、苜蓿对土壤微生物的影响	20
(一) 苜蓿根的分泌物及其有机残体是土壤微生物营养的重要来源	20
(二) 苜蓿根际的环境条件适宜于微生物的繁殖	21

(三) 苜蓿对根际微生物数量与类型的影响	21
九、培肥地力	22
(一) 肥效成分及其对土壤化学性质的影响	22
(二) 对土传病害的影响	23
(三) 对土壤物理性质的影响	23
(四) 苜蓿增产效果	23
十、改良土壤	24
(一) 改良盐渍土	24
(二) 改良白浆土	28
(三) 改良漠土	28
(四) 改良风沙土	28
十一、蜜源植物	29
(一) 泌蜜习性	29
(二) 利用价值	30
十二、美化环境减少污染	30
十三、野生动物的避难所	31
第三章 苜蓿的形态与解剖特征	32
一、根和根颈	32
(一) 根	32
(二) 根颈	33
(三) 根蘖	34
(四) 根瘤	35
二、茎	35
(一) 茎的形态特征	35
(二) 茎的解剖构造	36
(三) 茎的生长	36
(四) 茎枝扦插	37
三、叶	39
(一) 叶的形态	39
(二) 叶的构造	40
(三) 叶的形态构造与环境	40
四、花	40
五、荚果	41
六、种子	42
(一) 种子形态	42
(二) 种子构造	42
(三) 种子的寿命	42

(四) 种子的硬实性	42
(五) 苜蓿种子的荧光	43
第四章 苜蓿的水分生理	44
一、苜蓿的水分需求规律	44
(一) 蒸腾系数	44
(二) 不同生长发育阶段对水分的要求	44
(三) 根系与水分吸收	47
二、水分亏缺时的生理反应	48
(一) 概述	48
(二) 水分胁迫的机理	49
(三) 苜蓿水分胁迫时的生理反应	52
三、产量和水分的关系	56
(一) 灌溉	56
(二) 苜蓿水分利用效率研究概况	59
第五章 苜蓿的营养生理	62
一、植物的营养元素及其功能	62
(一) 营养元素的种类	62
(二) 营养元素的功能	63
(三) 影响苜蓿营养需要的因素	64
二、苜蓿对氮、磷、钾的需求规律	66
(一) 氮	67
(二) 磷	68
(三) 钾	69
三、苜蓿对钙、镁、硫的需求规律	70
(一) 钙	70
(二) 镁	71
(三) 硫	71
四、苜蓿对微量元素的需求规律	72
五、营养缺乏时的生理反应	73
(一) 大量元素缺乏出现的生理反应	73
(二) 微量元素缺乏出现的生理反应	74
第六章 苜蓿光温反应与秋眠性	76
一、苜蓿秋眠性概念	76
二、苜蓿秋眠性的测定	78
三、苜蓿秋眠性的发生机制	79

四、苜蓿秋眠性与耐寒性的关系	80
(一) 苜蓿秋眠性与抗寒性关系研究方法	82
(二) 苜蓿秋眠性与抗寒机制	82
(三) 苜蓿秋眠性和抗寒性的遗传关系	83
五、中国苜蓿秋眠性	84
(一) 秋眠性在中国的研究概况	84
(二) 中国苜蓿秋眠性评定	84
(三) 苜蓿秋眠性与生产性能研究	89
六、苜蓿秋眠性的应用	89
(一) 对苜蓿进行分类	90
(二) 苜蓿种植区划	90
(三) 预测抗寒性	91
(四) 确定适宜的播种时期	91
七、结语	92
第七章 苜蓿的碳素同化、分配与利用	93
一、光合作用概述	93
二、苜蓿叶中二氧化碳的交换	94
(一) 苜蓿叶的结构与二氧化碳的扩散	94
(二) 叶绿体的光学特性与光的截取	94
三、苜蓿植株的光合作用	95
四、叶片内外因素与二氧化碳的同化	97
(一) 光照	97
(二) 二氧化碳	99
(三) 温度	99
(四) 土壤水分	100
(五) 矿物质营养	101
(六) 苜蓿内部因素对光合作用的影响	101
五、根系中碳水化合物的交换与贮藏	102
六、光合产物的分配与利用	103
七、光合速率与苜蓿饲草生产	104
第八章 苜蓿根瘤菌的促生长作用	106
一、苜蓿根瘤菌的研究历史	108
二、苜蓿根瘤菌的研究现状	110
(一) 苜蓿根瘤菌资源调查	110
(二) 苜蓿根瘤菌的应用	111
(三) 苜蓿根瘤菌接种剂的生产	116

(四) 苜蓿种子丸衣化接种根瘤菌·····	117
(五) 根瘤菌固氮机理·····	119
(六) 苜蓿根瘤菌分类·····	129
(七) 根瘤菌的固氮测定·····	133
(八) 根瘤菌的筛选·····	135
(九) 根瘤菌鉴定与检测·····	136
三、苜蓿根瘤菌有效性·····	139
四、苜蓿根瘤菌溶磷和分泌生长素能力·····	143
(一) 溶磷能力·····	144
(二) 分泌生长素能力·····	144
五、苜蓿种子内生根瘤菌·····	145
第九章 苜蓿的抗性生理 ·····	147
一、苜蓿的抗寒性·····	147
(一) 环境因素的影响·····	147
(二) 解剖学及形态学因素的影响·····	148
(三) 生理因素的影响·····	150
二、苜蓿的抗旱性·····	153
(一) 苜蓿组织结构和植株形态对于旱胁迫的适应·····	153
(二) 生理因素的影响·····	154
三、苜蓿的耐盐碱性·····	156
(一) 苜蓿品种耐盐性评价·····	157
(二) 盐胁迫下苜蓿细胞膜透性和酶活性的变化·····	157
(三) 渗透调节物质的变化·····	158
(四) 苜蓿的耐盐性与脯氨酸·····	158
(五) 苜蓿的耐盐性与光合作用·····	158
(六) 盐胁迫对苜蓿吸收矿质养分的影响·····	159
(七) 苜蓿的耐盐性与脱落酸·····	159
四、苜蓿的抗热性·····	160
(一) 高温对苜蓿生长发育的影响·····	160
(二) 高温对苜蓿主要生理生化的影响·····	160
(三) 热胁迫对苜蓿根瘤菌共生体系的影响·····	162
五、苜蓿耐酸铝性·····	162
(一) 苜蓿对酸性土壤的适应性·····	162
(二) 苜蓿的耐酸性研究·····	162
(三) 提高紫花苜蓿对酸性土壤适应性的途径·····	164
(四) 存在的问题和展望·····	165
六、苜蓿抗逆性研究展望·····	165

第十章 苜蓿生长发育及环境影响	166
一、苜蓿幼苗的生长发育	166
(一) 萌发和出苗	166
(二) 幼苗生长	167
二、苜蓿的营养生长	168
(一) 分枝生长	168
(二) 收缩生长和根颈发育	169
三、苜蓿的花和种子发育	171
(一) 花芽和小孢子分化	171
(二) 开花与授粉	171
(三) 种子的发育	172
四、苜蓿的再生	173
(一) 苜蓿的再生芽	173
(二) 贮存物质与再生	174
(三) 留茬高度与再生	174
五、影响苜蓿生长发育的环境因素	176
(一) 光照	176
(二) 温度	178
(三) 水分	184
第十一章 苜蓿细胞及细胞遗传学	186
一、苜蓿属的染色体组及其倍性	186
二、苜蓿整倍体的起源和细胞学	191
(一) 单倍体	191
(二) 二倍体	191
(三) 三倍体	194
(四) 四倍体	195
(五) 五倍体	197
(六) 六倍体	197
(七) 七倍体	198
(八) 八倍体	198
三、苜蓿非整倍体的起源、细胞学和用途	199
四、苜蓿单倍体的利用	201
五、倍性系列染色体的利用	202
(一) 倍性水平对生理学和农艺学变量的影响	202
(二) 苜蓿的最适倍性水平	203
(三) 减数分裂和配子体畸变的用途	204

六、苜蓿染色体结构的变异	204
七、苜蓿种间杂交	205
(一) 苜蓿分类与种间杂交	209
(二) 苜蓿改良与种间杂交	210
八、苜蓿属植物细胞遗传学研究技术的应用	212
(一) 染色体核型分析	212
(二) 染色体分带	212
(三) 原位杂交 (ISH) 技术	213
(四) 计算机图像分析系统	214
九、苜蓿属植物细胞遗传学的研究价值与前景	214
第十二章 苜蓿的传粉受精及授粉控制	216
一、苜蓿花器特征与功能	216
(一) 花的分化过程与特征	216
(二) 小花构造及各部位的功能	217
二、开花、传粉与受精	218
(一) 苜蓿小花开放过程	219
(二) 开花习性	219
(三) 开放机制	219
(四) 传粉媒介	220
(五) 花部特性与传粉昆虫的关系	220
(六) 受精	220
三、自交不亲和与自交不育性	222
(一) 自交不亲和性的表现	222
(二) 自花授粉中的胚珠败育现象	222
(三) 自交不亲和性的遗传及与环境的关系	223
(四) 自交不亲和性在遗传育种中的作用	224
四、雄性不育性	224
(一) 苜蓿雄性不育的表现及特点	224
(二) 雄性不育的遗传	225
(三) 雄性不育产生的细胞学原因	226
(四) 雄性不育系的应用研究	227
(五) 苜蓿雄性不育系的遗传改良	227
五、苜蓿杂交种生产中的授粉控制	228
(一) 品种间杂交	229
(二) 综合品种的培育	230
(三) 远缘杂交 (种间杂交)	231

第十三章 苜蓿育种	232
一、苜蓿育种和数量遗传学	232
(一) 苜蓿杂交及其单个质量性状改良	232
(二) 数量性状及其遗传模式	236
(三) QTL 作图群体和遗传连锁图谱	236
(四) 分子标记辅助选择 (MAS)	237
二、苜蓿产量和质量育种	240
(一) 苜蓿产量性状的遗传特点和产量构成	240
(二) 苜蓿产量的构成因素	240
(三) 提高苜蓿产量的育种途径	241
(四) 影响苜蓿产量育种效果的因素	243
(五) 苜蓿质量育种	244
三、苜蓿抗病育种	246
(一) 苜蓿抗病育种的意义	246
(二) 植物抗病性机制及遗传	247
(三) 苜蓿的主要病害	249
(四) 苜蓿抗病育种	251
四、苜蓿抗虫育种	253
(一) 苜蓿抗虫育种的意义	253
(二) 苜蓿的主要虫害	253
(三) 苜蓿的抗虫育种	254
第十四章 苜蓿生物技术研究	256
一、苜蓿的组织培养与体细胞杂交	256
(一) 用于种质资源保存	256
(二) 体细胞杂交和胚抢救技术, 克服种间杂交障碍	257
二、苜蓿基因工程研究的意义	258
三、苜蓿基因工程研究的进展	259
(一) 基因改良饲草品质	259
(二) 抗病虫、抗除草剂的基因工程育种	260
(三) 提高抗逆性的基因操作	260
(四) 提高固氮能力的基因操作	261
(五) 作为生物反应器的功能	261
四、植物基因工程的基本概念与方法	262
(一) 目的基因的分离克隆	263
(二) 目的基因的遗传转化	265
(三) 转基因植物的检测鉴定和安全性评价	267