

Alfalfa in Arid Regions

旱区苜蓿

孙启忠 王宗礼 徐丽君 著



科学出版社

旱区苜蓿

孙启忠 王宗礼 徐丽君 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

苜蓿是我国重要的饲草，在草地农业、畜牧业和草业发展中发挥着重要作用。本书重点介绍了我国苜蓿优势产业区——旱区苜蓿生态资源、育种、花粉特性、良种繁殖、品种生产力、草地建植、混播草地、杂草调控、水肥管理、冻害防御、干草调制、青贮与微生物及草地健康评价等理论与技术。

本书对从事草地农业、畜牧业、草业乃至恢复生态学的科技人员、管理者、生产者及苜蓿使用者等具有参考价值。

图书在版编目 (CIP) 数据

旱区苜蓿/孙启忠, 王宗礼, 徐丽君著. —北京: 科学出版社, 2013
ISBN 978-7-03-039057-8

I. ①旱… II. ①孙…②王…③徐… III. ①紫花苜蓿-研究 IV. ①S551

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 260712 号

责任编辑: 马 俊 / 责任校对: 宣 慧

责任印制: 钱玉芬 / 封面设计: 耕者设计工作室

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>

北京通州皇家印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 1 月第 一 版 开本: 889×1194 1/16

2014 年 1 月第一次印刷 印张: 42 3/4 插页: 1

字数: 1 650 000

定价: 260.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

苜蓿既是我国草地农业的主要作物，也是生态治理的重要草种，更是畜牧业赖以发展的物质基础。苜蓿种植水平既是一个国家草地农业的标志，也是一个国家草业现代化发展水平的考量。随着我国农业产业结构的不断优化、生态保护的不断推进和畜牧业的不断发展，特别是奶业对苜蓿需求量的不断增加，我国苜蓿种植业得到了持续快速发展，种植水平不断提高，种植规模不断扩大，产业化程度不断提升，经济效益、生态效益和社会效益不断凸显。苜蓿产业作为保障我国奶业健康、高效发展的基础产业，作为保障我国生态安全、草原畜牧业可持续发展的重要产业，作为保障我国草业产业化、现代化发展的支柱产业的地位已经形成。

我国是苜蓿文明古国，具有 2000 多年的栽培史。旱区既是我国苜蓿栽培的发源地，也是我国苜蓿种植的集中优势区，不论是过去、现在还是将来，旱区苜蓿对我国农业生产、生态安全乃至畜牧业发展都发挥着重要作用。我国北方旱区面积约占国土总面积的 56%，占全国耕地总面积的 51%。随着全球气候干旱日趋严重，水资源供需矛盾日益突出，我国旱区将会不断扩大，旱区农业将面临严峻的挑战。对于新旱情、新旱区的出现，适应性广、抗旱耐寒性强的苜蓿将会发挥更大的作用。

为了更好地利用旱区农业生态资源发展苜蓿，世界各国都开展了旱区苜蓿的研究，目的在于揭示旱区苜蓿的适应性、生长发育规律、生产特点、开发利用潜力和旱区苜蓿农业理论与技术。针对我国旱区农业生态特点和生产需求，我们从“八五”开始，先后在科尔沁沙地、土默特平原、库布齐沙漠、河套灌区和河西走廊等地围绕苜蓿生产利用等方面的理论与技术问题开展了较为系统的研究，本书就是在此基础上形成的。研究得到多个项目的资助，包括农业部“八五”重点课题“内蒙古河套地区盐碱地改良利用研究”，国家“九五”、“十五”和“十一五”科技支撑项目“华北农牧交错带草地畜牧业高效发展技术(96-016-01-04)”、“草地植被恢复关键技术研究(2004BA528B01)”和“优质草产品生产加工与高效利用关键技术研究(2006BAD16B03)”，农业部“948”项目“退化草地综合改良与草地建植配套技术(202099)”和“优质草产品生产加工技术(2006-G8)”、公益性行业(农业)科研专项“人工草地优质牧草生产技术与示范(nyhyxx07-022)”和“牧区饲草饲料资源开发利用技术与示范(201203042)”及“现代农业产业技术体系(CARS-35)建设专项”等。正因为有了这些项目的支持，我们才能开展持续地研究，才能取得第一手资料，才能为本书的撰写奠定基础。倘若没有这些项目的资助，研究工作就难以开展，实践经验和真知就难以获得，从而也就失去了著书之源、立说之本，就成了人云亦云。在本书即将付梓之时，对提供项目资助的有关部门表示衷心的感谢。

从 20 世纪 90 年代开始研究苜蓿到成书，历时 20 余年。期间有许多人付出了辛勤的劳动和汗水，韩建国教授就是其中之一，他的印迹无不存在于项目的研究和书稿中。韩老师生前曾多次到试验基地指导工作，在他病重期间仍然十分关心项目的研究，并希望我们尽快将研究成果进行梳理与总结。由于有了他的鼎力相助，我们才有了明确的研究方向，才有了今天的研究成果，才有了撰写此书的动力，他突然逝世，无法一读此书，令人深感遗憾和惋惜。马鹤林先生一直鼓励我们完成本书的撰写，原不敢向马先生求助，他年事已高，岂忍加以劳累，但念书中有些地方还不能准确把握，因而请以对书稿进行审阅，经蒙先生不弃，不但欣然惠允，逐节逐段逐字披阅，而且为了丰富书的内容，他还亲自撰写了苜蓿育种一章，这让我们深深体会到前辈奖掖后学的热忱与精神，实令人感佩；宛涛教授、李存福推广研究

员不吝赐文，分别撰写了苜蓿花粉特点及形态特征和苜蓿良种繁殖等章节，甚是感激；玉柱教授、徐春城教授和赵淑芬推广研究员为使全书整体结构、章节安排和内容的学术性臻于完善惠助颇多，其意良深；温方、陶雅、杨晓亮、张慧杰、王林、苏亚丽、白音仓和郭艳艳还有许多未被提到名字的研究生，不论是在项目研究过程中，还是在书稿撰写整理过程中都默默无闻、无怨无悔、勤勤恳恳地工作着、学习着、努力着，他们的付出为本书的成稿奠定了基础，尤需铭谢；王晓娜、王红梅、花梅、魏晓斌和邢启明等在文字录入、文献整理及文稿校对等方面做了大量的工作，谨在此表示衷心的感谢。同时通过这项工作也看到了年轻人的优秀潜质，可以认为《旱区苜蓿》既是团队的成果，也是集体智慧的结晶。

另外，从2009年6月开始策划出版本书，到2013年9月即将出版，在4年多的时间里，得到了科学出版社莫结胜和马俊两位编辑的大力帮助。在书稿提纲构建和初稿撰写修改过程中，莫编辑秉持科学精神从编辑和出版的角度提出了许多有益的意见，特别是提纲前后经过了数次修改，每次修改莫编辑都会有建设性意见供我们参考，使我们修改起来更具有针对性；马编辑秉持尽力减少出版错误的原则，在编辑过程中不放过每一个问题，并积极主动与我们沟通，竭力解决书稿中的每一个疑问甚至是错误。他们这种对作者和读者的一丝不苟、认真负责的工作态度和工作精神，一方面深深感动和鼓励着我们努力将书稿做好，另一方面也为保障本书的出版质量奠定了基础，在此表示衷心的感谢。

本书重点介绍了我国北方旱区苜蓿生态资源、育种理论与方法、花粉特性、良种繁殖、品种生产性能、草地建植、混播草地、杂草防控、水肥管理、冻害防御、干草调制、青贮与微生物以及草地健康评价等理论与技术。将拙书献给从事苜蓿事业、热爱苜蓿事业和关心苜蓿事业的同仁，倘若读者能从书中获得一些启示，我们将感到由衷的高兴和莫大的欣慰。面对苜蓿科技的不断发展和进步，我们愈感苜蓿知识的匮乏，加之受研究水平、研究思路和专业知识等方面的限制，在学术上可能还存在许多不尽完善的地方，也可能有理解上的偏差或表达上的不完全，甚至是错误，对此希望得到各方批评指正，以期提高我们的学术水平。

孙启忠

2013年9月

目 录

前言

第一章 旱区苜蓿生态资源	1
第一节 旱区农业生态特点	1
一、旱区农业	1
二、旱区农业类型分区	2
三、旱区生态特点	4
第二节 旱区苜蓿生态优势与障碍因素	7
一、旱区苜蓿发展优势	8
二、旱区苜蓿发展主要障碍因素	10
第三节 旱区苜蓿发展战略	11
一、我国苜蓿产业发展历程简要回顾	11
二、我国苜蓿产业发展面临的挑战与机遇	12
三、苜蓿产业发展的战略选择	15
四、苜蓿产业优先发展领域	17
第四节 旱区苜蓿发展的主要途径	18
一、梳理几种关系	18
二、建立现代节水灌溉系统	19
三、选用耐旱抗寒品种	20
四、构建现代栽培体系	20
五、形成多样化产品结构	21
六、提升生产加工机械化程度	21
参考文献	22
第二章 旱区苜蓿育种	23
第一节 国内外苜蓿育种概况	23
一、国内育种概况	23
二、国外育种概况和动态	29
第二节 苜蓿种质资源及其细胞学	32
一、分类	32
二、细胞遗传	34
第三节 苜蓿育种目标	36
一、育种目标	36
二、制定育种目标的原则	41
第四节 苜蓿开花机制与杂交	42
一、花芽分化	42
二、杂交技术	43
第五节 苜蓿主要育种方法	44
一、引种与驯化	44
二、选择育种	46

三、杂交育种原则	48
四、综合品种育种	50
五、雄性不育系的利用	52
六、利用生物技术改良苜蓿性状	54
参考文献	59
第三章 苜蓿花粉特点及形态特征	61
第一节 苜蓿花粉特点及孢粉学与其他学科的关系	61
一、花粉特点	61
二、孢粉学与其他学科的关系	61
第二节 苜蓿花粉研究进展	62
一、孢粉学基础研究	62
二、花粉形态应用研究	63
三、花粉形态研究趋势	64
第三节 苜蓿花粉形态研究方法	64
一、植株标本和花粉样品采集	64
二、花粉样品前处理	65
三、显微观察	65
四、显微摄影	66
五、花粉形态描述	66
第四节 苜蓿花粉形态特征	66
一、花粉的形成	66
二、花粉极性和对称性	68
三、花粉形态和组成	69
四、花粉萌发器官	70
五、花粉壁构造及纹饰	71
六、几种苜蓿种或品种的花粉形态	73
参考文献	76
图版说明	78
第四章 旱区苜蓿良种繁殖	82
第一节 影响苜蓿种子产量诸因素	82
一、种子生产	82
二、种子产量对水分的响应	82
三、种子产量对施肥的响应	83
四、种子产量与植株密度	86
五、种子产量与其构成要素之间的相关性	89
第二节 苜蓿种子繁殖特性	89
一、生殖生长	90
二、繁殖分配	92
第三节 苜蓿生殖器官数量特征	93
一、花器官	93
二、荚果	99
三、种子高产特征	103
第四节 水肥对苜蓿种子产量与质量的影响	103

一、种子产量对群体密度的响应	103
二、施肥对种子产量的影响	104
三、种子水分变化	106
四、种子干物质积累	107
五、种子质量动态	108
第五节 苜蓿种子生产技术要点	110
一、种子田的选择与布局	110
二、播种	111
三、杂草防控	111
四、水肥管理	112
五、人工辅助授粉	112
六、种子收获	112
参考文献	113
第五章 旱区苜蓿生产性能	115
第一节 苜蓿生产性能的形成基础	115
一、光合作用	115
二、再生性	116
三、秋眠性	117
四、产量特性	121
五、品质特性	127
第二节 苜蓿的光合特性	133
一、不同品种光合特性	133
二、光合速率与其他参数的相关性	134
三、光合特性与产量的相关分析	135
四、光合特性评价	135
第三节 苜蓿产量构成要素	136
一、株高	136
二、生长速度	139
三、枝条直径	140
四、再生性	141
五、株型结构	142
六、空间生产结构	143
七、根颈	144
八、产量构成要素的相关性	146
九、应用灰色关联综合评价品种的生产性能	148
第四节 不同生态区苜蓿产量	150
一、科尔沁沙地不同苜蓿品种的产量	150
二、土默特平原低产田不同苜蓿品种的产量	151
三、库布齐沙漠不同苜蓿品种的产量	152
四、河套灌区盐碱地不同苜蓿品种的产量	153
五、河西走廊盐碱地不同苜蓿品种的产量	156
六、不同苜蓿品种生产性能 TWINSpan 分类	158
七、不同生态区苜蓿产量比较	160

第五节 苜蓿品质特性	162
一、茎叶比与鲜干比	162
二、营养成分	163
三、不同茬次牧草的营养成分	163
四、品质特性的相关分析	164
五、地上生物量及营养物质累积	166
第六节 苜蓿品种生产性能评价	170
一、综合性状分析	170
二、旱地生产力	173
第七节 苜蓿品种选择	175
一、优良品种的特性	175
二、品种选择原则	176
参考文献	177
第六章 旱区苜蓿草地建植	180
第一节 影响苜蓿草地建植诸因素	180
一、我国苜蓿栽培草地发展现状	180
二、国外苜蓿栽培草地发展现状	183
三、自毒性与轮作	189
四、播种量对产量和品质的影响	198
第二节 不同栽培技术下苜蓿地上生物量变化	204
一、品种筛选与应用	204
二、耕翻深度对产草量的影响	205
三、播种期对产草量的影响	205
四、播种量与行距优化	206
五、干埋集雨播种与产量	213
第三节 不同栽培技术下苜蓿地下生物量变化	215
一、土壤含水量与紧实度	215
二、根系	216
三、根颈	219
第四节 保护播种与苜蓿产量	220
一、荞麦对苜蓿产量的影响	220
二、小麦对苜蓿产量的影响	222
三、苜蓿保护播种的可行性	223
第五节 盐碱地苜蓿种植	225
一、盐碱地积盐特点	225
二、盐碱地播种	225
三、幼苗田间耐盐性诊断	227
四、改良盐碱地效果评价	227
第六节 苜蓿草地建植要点	232
一、苜蓿草地建植成功的关键要素	232
二、苜蓿草地建植失败的原因	233
三、苜蓿草地建植作业流程	235
参考文献	235

第七章 旱区苜蓿混播草地	241
第一节 苜蓿混播草地的多样性	241
一、稳定性	241
二、群落组合	242
三、产量与品质	248
四、施肥管理	253
五、刈割策略	254
第二节 苜蓿混播草地群落特性	255
一、混播群落组合优化	255
二、出苗状况	256
三、物候期	256
四、根颈直径动态变化	258
五、种群生长速率动态变化	258
六、群落各组分的越冬性	260
第三节 苜蓿混播群落生物量	261
一、草层生物量动态变化	261
二、地下生物量变化	261
三、茎叶比动态	262
四、群落产量的动态变化	264
第四节 苜蓿混播群落的品质	264
一、粗蛋白	264
二、粗灰分	265
三、粗脂肪	265
四、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维	266
第五节 苜蓿混播草地的生物学评价	266
一、生物量分布	266
二、种间竞争与群落稳定性	269
三、混播草地综合评价	273
第六节 盐碱地苜蓿混播草地建植	274
一、建植方法	275
二、群落生长特性	276
三、不同混播组合产量比较	276
四、效果分析	278
参考文献	279
第八章 旱区苜蓿杂草防控	283
第一节 杂草对苜蓿的危害及其特性	283
一、杂草的危害	283
二、杂草的竞争	285
三、杂草种子库	288
四、杂草种类的多样性	290
第二节 苜蓿地杂草种子库	292
一、杂草种子库组成	292
二、杂草种子库密度及其垂直分布	293

第三节 苜蓿地杂草发生规律	294
一、前茬作物对杂草发生规律的影响	294
二、前茬作物对地上生物量的影响	297
三、前茬作物对产量的影响	297
第四节 苜蓿地杂草防除效果	298
一、不同除草方法的效果比较	298
二、除草方式对产量的影响	299
三、除草方式对地上生物量的影响	300
四、除草方法对杂草种子库的影响	300
五、除草剂的防除效果	301
第五节 苜蓿杂草防控策略	302
一、杂草的识别	303
二、杂草防控路径	303
三、除草剂的使用要点	304
四、杂草综合防控	305
参考文献	305
第九章 旱区苜蓿水肥管理	308
第一节 苜蓿对水肥的响应	308
一、水分对生产力的影响	308
二、生长对营养的需求	313
三、施肥对生长发育的影响	317
四、施肥对土壤肥力的影响	317
五、水肥耦合对产量的影响	318
第二节 苜蓿的水肥调控	320
一、水分管理技术优化	320
二、施肥技术优选	321
三、田间管理对水肥效应的影响	328
四、水肥效应分析	329
第三节 水肥耦合对苜蓿产量与品质的影响	333
一、水肥耦合设计优化	333
二、水肥对产量的影响	333
三、水肥对营养品质的影响	337
第四节 施肥对苜蓿叶绿素含量和硝酸还原酶活性的影响	340
一、水肥组配优化	340
二、叶绿素含量和硝酸还原酶活性对水肥的响应	340
三、叶绿素含量和硝酸还原酶活性与施肥的回归分析	341
第五节 施肥对苜蓿草地土壤肥力的影响	342
一、施肥水平对土壤养分的影响	342
二、土壤肥力的变化	345
第六节 苜蓿茬口对土壤理化性状及其后作产量的影响	347
一、土壤特性	347
二、后作产量	349
第七节 苜蓿水肥管理策略	349

一、水分管理	349
二、营养诊断	351
三、营养调控	354
参考文献	358
第十章 旱区苜蓿冻害防御	362
第一节 苜蓿适应寒冷的多样性	362
一、适应寒冷的路径	362
二、秋眠性对抗寒的响应	367
三、影响越冬的因素	368
四、寒温带的苜蓿种植	372
第二节 苜蓿对寒冷的生理响应	372
一、越冬性	372
二、相同生长年限不同品种对寒冷的生理响应	374
三、不同生长年限相同品种对寒冷的生理响应	384
四、不同生长环境下相同品种对寒冷的生理响应	387
第三节 苜蓿品种抗寒性综合分析	390
一、响应寒冷的生理变化	390
二、抗寒指标的相关性及指标筛选	390
三、不同品种抗寒性聚类分析	391
四、抗寒性评价	392
第四节 苜蓿冻害防御	393
一、冻害的发生	393
二、受冻评估	393
三、栽培技术对越冬的影响	394
四、受冻原因	396
五、冻害防御技术	398
第五节 苜蓿冻害管理策略	398
一、影响安全越冬的主要因素	398
二、保障安全越冬的刈割策略	399
三、维持越冬前的土壤养分管理	400
四、延长冬季积雪覆盖时间的途径	401
五、避免秋冬季受冻的路径	402
参考文献	402
第十一章 旱区苜蓿干草调制	407
第一节 苜蓿干草调制研究进展	407
一、国外苜蓿干草调制	407
二、形态发育与品质	408
三、刈割制度对产量与品质的影响	410
四、干草营养质量评价	414
五、生长期与刈割时期	419
六、秋眠性对刈割制度的影响	421
七、机械碾压对苜蓿的影响	424
八、干燥与贮藏过程中的营养损失	428

九、干燥技术	430
十、干草调制过程中防腐剂的应用	432
第二节 苜蓿刈割制度	434
一、不同品种对刈割制度的响应	434
二、不同刈割制度对产量的影响	436
第三节 调制技术对苜蓿干草质量的影响	439
一、刈割时期对干草质量的影响	439
二、不同调制措施对干草质量的影响	441
三、干草对调制方法的响应	445
第四节 苜蓿干草调制过程中的营养物质损失	446
一、调制干草时的营养物质变化	446
二、干草收获和储藏过程中营养物质损失	446
第五节 苜蓿干草调制要点	447
一、调制干草的难点	447
二、干草生产要点	447
三、减少营养物质损失的措施	449
参考文献	450
第十二章 旱区苜蓿青贮	456
第一节 苜蓿青贮研究进展	456
一、国内外研究进展	456
二、青贮的发酵过程	456
三、添加剂对发酵品质的影响	457
四、几种特殊青贮	459
第二节 苜蓿单贮品质	460
一、原料特性	460
二、单贮发酵品质动态变化	461
三、单贮质量	463
第三节 苜蓿混贮质量	464
一、苜蓿与直穗鹅观草混贮	464
二、苜蓿与玉米混贮	470
三、苜蓿与苹果渣混贮	471
四、苜蓿与马铃薯渣混贮	476
第四节 苜蓿添加物青贮	480
一、绿汁发酵液及纤维素酶对青贮质量的影响	480
二、酸性物质对青贮质量的影响	485
三、糖蜜对不同含水量苜蓿青贮质量的影响	488
第五节 苜蓿青贮质量综合分析	492
一、发酵品质聚类分析	492
二、营养成分聚类分析	494
第六节 添加剂在苜蓿青贮中的应用	495
一、添加剂选择与设计优化	495
二、添加剂对单贮质量的影响	496
三、添加剂对混贮质量的影响	497

四、添加剂对青贮效果的分析	503
第七节 发酵苜蓿 TMR	504
一、苜蓿 TMR 设计优化	504
二、苜蓿 TMR 发酵品质	506
三、苜蓿 TMR 效果分析	515
第八节 苜蓿青贮轻简技术	516
一、影响青贮品质的因素	516
二、青贮要点	518
三、青贮注意事项	520
参考文献	520
第十三章 旱区苜蓿青贮微生物	524
第一节 饲草青贮微生物学研究进展	524
一、青贮饲料的微生物组成	524
二、青贮发酵过程中的微生物变化	525
三、青贮乳酸菌	526
四、乳酸菌对青贮饲料的影响	526
五、乳酸菌青贮添加剂	527
第二节 苜蓿青贮中微生物数量动态变化	530
一、原料表面附生微生物种类与数量	530
二、单贮微生物菌群数量动态变化	531
三、混贮微生物菌群数量动态变化	534
四、水分含量和糖蜜浓度对青贮微生物菌群的影响	538
第三节 苜蓿青贮微生物数量分析	543
一、单贮中各种微生物数量的比较	543
二、混贮中各种微生物数量的比较	547
三、单贮与混贮中各种微生物数量的比较	552
四、水分含量和糖蜜浓度对青贮微生物数量的影响	554
五、发酵过程中微生物数量的最大值聚类分析	556
第四节 苜蓿青贮乳酸菌的分离鉴定与生理生化特性	561
一、乳酸菌的分离鉴定	561
二、乳酸菌生理生化特性检测	566
第五节 苜蓿青贮饲料优良乳酸菌的筛选	568
一、乳酸菌发酵 24h 和 48h pH 的测定与比较	568
二、乳酸菌产酸速率的测定和产酸能力的比较	569
三、乳酸菌生长曲线的测定与繁殖速度的比较	570
四、乳酸菌发酵效果	571
第六节 苜蓿青贮微生物特性评述	572
一、微生物种群数量	572
二、乳酸菌种类特性	573
三、青贮饲料中的优良乳酸菌	574
四、优良乳酸菌的发酵效果	574
参考文献	575
第十四章 旱区苜蓿草地健康评价	579
第一节 草地健康评价的研究进展	579

一、草地健康诊断	579
二、健康评价的形态学特征	580
三、健康评价的生理特性	583
第二节 苜蓿草地健康评价指标体系构建方法	583
一、构建指标体系框架的原则	583
二、指标收集与确定	583
三、构建评价指标体系方法	584
第三节 苜蓿健康形态学诊断	590
一、株高	590
二、单株分枝数	591
三、叶类	592
四、草层	597
五、越冬率	600
六、再生速度	601
七、产草量	602
八、应用形态指标综合分析	603
第四节 苜蓿健康根系诊断	604
一、根的形态特征	604
二、根系特性	608
三、根系形态特征综合分析	610
四、根系评价	611
第五节 苜蓿健康营养及生理生化诊断	612
一、养分	613
二、光合生理生化	615
三、养分生理生化综合分析	624
四、营养及生理生化评价	625
第六节 苜蓿健康土壤性状诊断	626
一、物理性状	626
二、pH	632
三、养分状况	632
四、微生物	638
五、理化性状评价	648
第七节 苜蓿草地健康综合评价	649
一、模糊理论与评价方法	649
二、模糊综合分指标评价	650
三、系统指标模糊综合评价	652
四、筛选指标体系的模糊综合评价	653
五、综合评价	654
六、评价指标与标准	654
参考文献	655
附录一 植物种名词条	659
附录二 索引	662
彩图	

第一章 旱区苜蓿生态资源

干旱是一个世界性问题,随着全球气候变暖,干旱对农业的影响越来越广泛和深刻。干旱、半干旱地区遍及全球 50 多个国家和地区,面积约 4590 万 km^2 , 约占全球陆地面积(除寒带外)的 34.9%。我国旱区根据其特点可分为北方气候干旱区和南方季节性干旱区两大类型区域。

第一节 旱区农业生态特点

一、旱区农业

(一) 旱地农业

旱地农业(dryland agriculture or dryland farming)是指干旱、半干旱和半湿润偏旱地区,主要利用自然降水,通过建立合理的旱地农业结构和采用一系列旱地农业技术措施,不断提高地力和自然降水的有效利用率,实现农业高产稳产和可持续发展的农业。它包括农作物、草业等。为建立良性的旱地农业生态经济体系,农作物的生产应与草地畜牧业的发展有机结合,在种植农作物的同时,适地适草、适地适林的种草种树都是发展旱地农业生产的重要环节。

北方旱地农业是指沿昆仑山-秦岭-淮河一线以北的干旱、半干旱和半湿润地区,依靠天然降雨和旱地灌溉的农业。北方旱区包括 16 个省(自治区、直辖市)的 965 个县(市),土地面积 542 万 km^2 , 约占国土总面积的 56%, 占全国耕地面积的 51%, 其中无灌溉条件的旱地约占该地区耕地面积的 65%。

旱地一般包括干旱地区、半干旱地区和半湿润地区。旱地以旱为特征,水资源不足、降水稀少、水分不足是制约农业生产的主要因素。旱地农业一般是对种植业而言。就此而论,有些旱地可以进行农业(种植业)生产,有些则不能。例如,在降水量低于 250mm 的干旱区,没有灌水就没有农业。我国的干旱地区有一定的水资源,灌溉农业得到一定的发展,形成绿洲农业区。这些地区虽一般也包括在旱地之内,其实是灌溉农业,也属于旱地农业。

(二) 半旱地农业

最近中国工程院院士山仑教授提出了半旱地农业(semi-arid land agriculture)的概念,他认为可以将半旱地农业理解为在运用旱作技术充分利用自然降水的基础上进行少量水补充灌溉的农业。其目标可归结为:在半湿润的缺水灌区保持灌溉农田高产的同时,做到大量节约灌溉用水;在半干旱的旱作地区通过雨水集流等措施对部分农田实施补充供水,以达到显著增产。长期以来,旱地农业和灌溉农业一直被认为是两个相互独立的系统和农业类型,实际上两者是互通的,应当把灌溉地和旱地看作是一个连续系统,在两者之间可以有更多的选择,发展半旱地农业将是两者有机结合的新的探索。

发展半旱地农业的理论基础为:①水分亏缺对与产量形成相关的各个生理过程的影响程度不同,其中生长期对干旱反应最敏感,物质运输最为迟钝,使主动调节水分供应成为可能;②不同作物和品种的抗旱性和水分利用率(water utilization efficiency, WUE)存在显著差异,小麦进化过程中 WUE 有递增趋势,培育高 WUE 品种能够实现;③作物不同生育阶段对干旱的敏感性不同,有些作物生育前期和生育后期适度控水对产量形成有利;④作物 WUE 高值往往是在中等供水条件下,而不是在充分供水条件下获得的;⑤在变水环境中生长的作物较在恒水条件下生长的作物对干旱的来临有更强的适应能力,从

国内外已有研究结果可以取得这样的认识：干旱缺水并不是必定降低产量，许多作物在一定生育阶段经受适度水分亏缺可能对节水和增产都有利。其机理可以解释为：干旱缺水对作物有一个从“适应”到“伤害”的过程，不超过适应范围的缺水，往往复水后可以产生生理、生长和产量形成上的补偿效应，在节约大量用水的同时，最终产量基本不受影响。

(三) 旱区农业

旱区的概念目前尚不统一。有些学者将“旱区”与“干旱地区”等同，即干旱区、半干旱区和半湿润易旱区的总称。王立祥和王龙昌(2009)认为旱区是指气候干旱区以及湿润气候区受季节性干旱严重影响的、欠缺人工补给水源的高热种植区域。他认为旱区不仅应涵盖我国北方的干旱区、半干旱偏旱区、半干旱区、半湿润易旱区和半湿润区，而且还应涵盖我国南方的部分季节性干旱区。

目前关于旱区农业(agriculture in arid region)的概念认识还不统一、不全面，在理解上还有一定的偏差。总的来说旱区农业与旱地农业、旱作农业、雨养农业等既有内在的联系，又有其特殊的含义。旱区农业所涵盖的内容要比旱地农业、旱作农业、雨养农业和旱农广泛得多，涉及的地域范围更加宽广，它不仅包含了半干旱和半湿润偏旱区的旱地农业，而且也包含了干旱区的绿洲农业和湿润地区的雨养农业。显然，农业干旱是影响旱区农业生产力的主要环境因素之一。

二、旱区农业类型分区

(一) 划分指标

正确认识农业类型区域划分，有助于苜蓿农业发展的宏观决策，有助于农业结构与苜蓿农业生产的合理调整和正确安排。然而迄今为止，关于全国性的旱区农业类型及分区，尚缺乏系统的依据。由于北方旱区地形复杂，气候条件差异较大，生态环境脆弱。既有平均海拔 3000m 以上的青藏高原，又有低于海平面 154m 的新疆盆地，也有森林、草原、荒漠、戈壁等。全国最热、最冷和最干旱少雨的地方都在这里，气候具有寒冷、湿凉干旱、高温干燥等多种特点类型，这就决定了北方旱地农业类型的多样性。依据北方旱区农业生产实际，采用 80%保证率的全年降水量作为北方旱区农业类型分区的一级区主要指标(表 1-1,图 1-1)，将我国北方旱区农业划分为干旱区、半干旱偏旱区、半干旱区、半湿润偏旱区和半湿润区 5 个区域，

表 1-1 北方旱区农业区分区一级区指标

区别	主导指标：80%保证率 的全年降水量/mm	辅助指标 干燥度	农业综合特征
干旱区	<200	>3.5	以牧为主，没有灌溉就没有农业，海拔的变化决定着林业意义的大小
半干旱偏旱区	200~250	3.0~3.49	以牧为主，旱农分布的下限，海拔的变化决定林业意义的大小
半干旱区	250~400	1.6~2.99	半农半牧，山地阴坡可以造林，采取抗旱措施，旱农发展潜力大
半湿润偏旱区	400~500	1.3~1.59	以农为主，局部地区林牧比重大，季节性干旱，采取措施提高水分利用率
半湿润区	500~600	1.0~1.29	以农为主，旱情不严重，但复作时需补充水分

资料来源：中国农业科学院农业资源和农业区划研究所，1986。

(二) 区域划分

基于我国北方旱区农业的特点，对 4 个一级旱区(干旱区、半干旱偏旱区、半干旱区和半湿润偏旱区)的二级区域进行划分(表 1-2)。