

高寒半干旱区 农牧增产技术

王殿武 王立秋 牛瑞明 编著



地震出版社

高寒半干旱区农牧增产技术

王殿武 王立秋 牛瑞明 编著

地震出版社

1998

内 容 简 介

农牧综合治理技术是农牧交错带农业持续发展的重要支撑。本书主要论述我国北方高寒半干旱农牧交错带农草畜综合增产的原理与技术。

全书围绕区域农业资源特征及高效利用,针对农草畜增产技术问题进行系统的、较深层次的科学探讨。本书观点新颖,资料翔实,数据可靠,理论与实用性强,具有重要的科学参考价值和生产指导作用。

本书可供各级农业部门、有关科研单位科技工作人员及高等农业院校广大师生参阅。

高寒半干旱区农牧增产技术

王殿武 王立秋 牛瑞明 编著

责任编辑: 张 平

责任校对: 王花芝

*

地 震 出 版 社 出 版

北京民族学院南路9号

北京地大彩印厂印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售

*

787×1092 1/16 13.25印张 340千字

1998年8月第一版 1998年8月第一次印刷

印数 0001—1000

ISBN 7-5028-1577-5/S·8

(2020)定价:20.00元

前 言

随着水资源的日益匮乏,干旱已成为制约中国北方旱区农牧业持续发展的主要障碍因素。横跨晋、冀、蒙长城沿线的高寒半干旱农牧交错带属低投入农业生态经济区域。近半个世纪以来,随着人口的急剧增长及对粮食的亢进需求,垦滩农作、广种薄收、有限的资源环境和长期粗放经营及农田耗取生产使土壤干化、砂化、贫瘠化,草场超载过牧造成草地僵化、盐碱化与退化。限于脆弱的生态环境及乏力的经济与社会投入,高寒半干旱区长期处于粮草短缺、经济贫困、生态恶化的困扰之中,农牧生产水平低而不稳。

针对高寒干旱、低投经营、农牧结合的类型区特点,1986年,国家科委、农业部设立了张北试验区,承担国家重点科技攻关“北方旱农区域农业综合研究开发与示范工程”专题。专题组在综合国内外研究的基础上,围绕区域农牧综合治理与发展技术,以农草畜均衡持续增长为目标,着眼于区域水土资源时空变异规律及其与农业生产的关系,以科技进步与人工辅助能投入为基础,生态适应与环境调控相结合,大幅度提高了农田与草地第一性产出,实现了农牧业抗逆稳产高产,草场持续改善,农牧业持续增长的目标。

国家重点科技攻关张北试验区,经过多年攻关研究,积累了大量宝贵的资料,提出了一系列富有区域特色的理论性与实用性很强的农牧增产技术。我们将多年研究成果加以总结,汇撰成书,相信能对指导高寒半干旱区农牧生产,促进该区农村经济快速增长起到有益的作用。

全书涵盖了11个方面的技术内容:①农田水分调控技术;②农田持续高效施肥与培肥技术;③农田高效耕作技术;④豌豆“早、深、肥”增产技术;⑤补水地春小麦“密、控、促”与旱地晚播抗逆增产技术;⑥莜麦肥-根-水共济增产技术;⑦脱毒马铃薯繁种及高产栽培技术;⑧蔬菜错季生产技术;⑨油草混播与麦草混播人工草地建植技术;⑩细毛羊“毛肉分流”高效繁衍技术;⑪肉兔“两季三段”与“全年生产”高效繁衍技术。

限于时间和篇幅,本书仅就高寒半干旱农牧交错带农牧业生产中亟待解决的关键技术问题加以论述。

鉴于水平所限,难免有不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正。

编 著 者

1998.4

目 录

前 言

第一章 高寒半干旱区区域特征与农牧业发展对策·····	(1)
第一节 高寒半干旱区农业资源特征·····	(1)
第二节 高寒半干旱区农牧业持续发展的障碍因素·····	(3)
第三节 高寒半干旱区农牧业持续发展的对策·····	(4)
第二章 农田水分动态及调控技术·····	(9)
第一节 降水特征·····	(9)
第二节 农田水分动态·····	(12)
第三节 农田水分平衡·····	(16)
第四节 农田作物生产潜力·····	(21)
第五节 农田水分调控技术·····	(26)
第三章 农田持续高效施肥与培肥技术·····	(37)
第一节 农田土壤—肥料—作物系统中养分转化与平衡·····	(37)
第二节 农田土壤培肥机理与途径·····	(45)
第三节 施肥培肥技术效果·····	(53)
第四章 农田保水耕作技术·····	(55)
第一节 高寒半干旱区土壤耕作的任务·····	(55)
第二节 农田保水耕作技术原理·····	(56)
第三节 农田保水耕作技术效果·····	(58)
第五章 豌豆“早、深、肥”增产技术·····	(71)
第一节 豌豆生长发育及与环境条件的关系·····	(71)
第二节 豌豆“早、深、肥”促根抗旱栽培技术·····	(74)
第六章 春小麦高产优质栽培技术·····	(83)
第一节 春小麦生长发育及与环境条件的关系·····	(83)
第二节 补水地春小麦“密、控、促”增产技术·····	(91)
第三节 旱薄地春小麦晚播抗逆增产技术·····	(107)
第七章 莜麦肥—根—水共济增产技术·····	(115)
第一节 莜麦生长发育及与环境条件的关系·····	(115)
第二节 莜麦肥—根—水共济运作原理·····	(121)
第三节 莜麦肥—根—水共济增产技术·····	(128)
第八章 脱毒马铃薯繁种及高产栽培技术·····	(143)
第一节 马铃薯的生长发育及与环境条件的关系·····	(143)
第二节 脱毒马铃薯繁种技术·····	(144)

第三节	马铃薯高产栽培技术·····	(147)
第九章	蔬菜错季生产技术·····	(154)
第一节	蔬菜错季生产的市场供求分析·····	(154)
第二节	蔬菜错季栽培技术·····	(155)
第三节	“水菜早种”地膜覆盖栽培技术·····	(169)
第十章	油草混播与麦草混播人工草地建植技术·····	(171)
第一节	人工种草技术模式·····	(172)
第二节	春季“油草混播”技术·····	(173)
第三节	夏季“麦草混播”技术·····	(178)
第十一章	细毛羊“毛肉分流”高效繁衍技术·····	(182)
第一节	细毛羊生产现状与社会需求·····	(182)
第二节	细毛羊“毛肉分流”动态生产模式·····	(183)
第三节	细毛羊高效繁衍技术·····	(186)
第十二章	商品肉兔“两季三段”及“全年生产”高效繁衍技术·····	(193)
第一节	商品肉兔生产模式·····	(193)
第二节	商品肉兔“两季三段”与“全年生产”繁衍技术·····	(194)
参考文献	·····	(203)
后记	·····	(206)

第一章 高寒半干旱区区域特征与农牧业发展对策

旱地农业,指没有灌溉条件的半干旱和半湿润的偏旱区所从事的农牧业生产方式,即非灌溉农业或雨养农业。我国北方旱农地区是指淮河、秦岭及昆仑山以北年水分收不抵支的广大区域,总土地面积约 542 万 km^2 , 占国土面积的一半以上;其中耕地 0.51 亿 hm^2 , 约占全国总耕地的 51%, 耕地中没有灌溉条件的旱地约占 65%。北方旱区中,高寒半干旱区横跨晋、蒙、冀长城沿线的农牧交错带,地处北方旱农类型区二级区的晋北冀西北山地半干旱区、阴山北部丘陵半干旱偏旱区的大部,阴山南麓丘陵山地半干旱区的全部及燕山北部山地半湿润偏旱区的一小部,包括大同市、乌兰察布盟、锡林郭勒盟、张家口市和承德市的 44 个县(旗),总土地面积约 1000 万 hm^2 , 其中耕地面积 333.3 万 hm^2 , 耕地约占北方旱区总耕地面积的 6.5%, 占北方旱农半干旱区总耕地面积 1661 万 hm^2 的 20%, 在我国北方农牧业生产中占重要地位。

高寒半干旱区是我国北方重要的农牧业区,其特点是土地面积大,人均耕地多,自然资源丰富,农牧业生产蕴藏着巨大的增产潜力。但该区长期以来农业用水严重亏缺,农牧业结构单一,经营粗放,少投低产,土壤瘠薄,生态脆弱,有限的水热资源不能充分发挥,是我国中低产田治理的重点区域之一。因此加强高寒半干旱区农牧业研究,改进旱农技术,发展旱区经济,对促进我国农牧业持续稳定发展具有重大而深远的意义。

第一节 高寒半干旱区农业资源特征

北方高寒半干旱农牧区,是承接内蒙古牧区与华北农区的狭长地带,其主要代表性生态类型为坝上高原。由于陡起的地势影响,该区为显著有别于华北温带气候的凉温季风气候区,以地势高亢、波状起伏、气候干旱、低温多风、生物短季、干草覆被为其典型生态特征,以低投入、粗放经营为其经济社会特征。农业资源优势首先表现为土地资源丰富,人均耕地多,具有大面积的天然草场、草山坡等待开发利用,其次是生长季雨热相对同步,农业生产潜力很大。

一、人均耕地多,土地资源丰富

土地资源是农业生产中可以持续利用的最基本的资源和劳动对象,是农业赖以存在的基础,也是我国粮食和经济作物生产发展中一个重要的制约因素。

北方半干旱农牧区地域辽阔,人口密度低。以冀西北坝上高原为例,坝上高原总面积 18391 km^2 , 现有耕地 49.5 万 hm^2 , 草地 40 万 hm^2 , 林地 16.1 万 hm^2 。人口密度平均为 57 人/ km^2 , 较黄土高原陕、甘、晋旱塬区人口密度低一倍,约是汾渭河各灌溉农区人口密度(376.6 人/ km^2)的 1/7。人均占有耕地 0.47 hm^2 , 草地 0.38 hm^2 , 林地 0.15 hm^2 。人均占有耕地面积远高于全国人均耕地 0.089 hm^2 的水平,并较黄土高原人均耕地占有量 0.20~0.47 hm^2 的低限高出 0.27 hm^2 。基于我国人口基数大并处于增长时期的国情,充分利用这一区域的丰富土地资源就显得尤为重要。

坝上高原地质、地貌较复杂。从形成看,在前中生代处于缓慢上升和夷平阶段,在中生代和

新生代,经过燕山运动和喜马拉雅运动,地壳上升、断裂,有大量火山熔岩喷发堆积,第三纪末期又处于夷平阶段,第四纪主要受新构造运动影响,内蒙古高原上升隆起,其中坝头中部和北部地区隆起速度不同,并受河谷切割和岩层崩塌影响,从而奠定了坝缘山地、疏缓丘陵、波状高原等地貌基础。该区大部分海拔 1350~1600m,北部为阴山余脉,丘陵平缓,相对高度 100~200m,主要由花岗岩、片麻岩组成;高原的南缘地势较高,海拔 1500m 左右,相对高度 200m,为垄状山岭;中部为高原的主体,呈波状高原景观,岗梁、旱滩、二阴滩、下湿滩、湖淖微地貌相间分布,基岩以花岗岩、片麻岩、石英岩和玄武岩为主;高原的东部地势比较高,海拔 1600~1800m,相对高度 200~300m,为垄状高原,在低山缓丘间有黄土分布,并有一些由变质岩、花岗岩组成的残丘,母质多为残坡积、坡积、洪冲积、湖积等第三、四纪堆积物。

坝上高原特定的气候条件决定了该区为典型的干草原生物条件,环境地学背景条件综合作用又决定了土壤以栗钙土类为主,栗钙土土壤有机质含量 10~30g/kg,含氮 0.8~1.5g/kg,碱解氮 60~90mg/kg,有效磷 5~6mg/kg,土壤多为含砾砂壤,质地疏松,因此有利于农作物的根系发育及多种作物的种植。但不少地区水土流失严重,如坝缘山地。为此,坝缘山地应以林为主,建造以落叶松、樟子松、云杉等用材林(为主)和乔灌结合的防护林,坡度为 15° 以上的坡地以牧林为主;西北部残丘干旱缺水,以种草为宜;中部广大旱滩区列为农田;二阴滩和下湿滩划分人工草场或天然草场养护区,建立优良生态效益的草原生态系统。通过因地制宜调整农林牧用地比例,合理开发利用土地资源,必将成为多种经济作物、林木和畜产品的重要生产基地。

二、农业气候资源丰富,蕴藏着巨大增产潜力

气候是农业生产的自然环境,是农业的基本资源。

坝上高原地势高亢陡起,北部无明显的天然屏障,处于强劲干寒的西北风气候控制下,其特点为气温低,无霜期短,多风少雨,日照充足,热量资源缺乏。寒、旱、风是该区的主要气候特征。全区年降水量由西向东稍增,由南往北逐渐减少,变化于 340~450mm 之间,折合公顷水量为 3400~4500m³,季节性变异较大,一般冬季(11 月~翌年 2 月)降水量约占年降水量的 5%,春季(3~5 月)降水量约占 10%,夏季(6~8 月)降水量约占 70%~80%,秋季(9~10 月)降水量约占 5%~15%。农作物主要生育季节(4~9 月)的降水量约占全年降水量的 80%以上,具有雨热基本同季的特点。全区太阳辐射量 552.7~611.3kJ/cm²,年日照时数 2500~3050h,居河北省之冠,日照百分率 65%~68%,光照资源丰富,能很好地满足农作物的需求。但热量资源缺乏,全区年平均气温较低,仅-0.3~4.0℃,积温($\geq 10^{\circ}\text{C}$)1600~2200℃,气温年差较大,为 35~39℃,无霜期仅 80~110d,只能满足一年一熟的短季耐寒旱作物生长,可种植马铃薯、胡麻、春小麦、莜麦、蚕豆、豌豆等喜凉作物。由于牧草 0℃ 以上时开始萌芽,大于或等于 5℃ 进入青草期,本区热量条件适宜牧草生长。坝上高原全年多风,年均大风日数 48.5d,风力资源丰富。

综上所述,高寒半干旱区农业资源中光照、土地资源相对充足,存在着较大的光合生产潜力,但水热资源尚欠缺,尤其是水资源不足,水热制约光合生产潜力的发挥,加之土地资源开发利用粗放,因此突破水、热、土资源高效利用技术,大幅度提高农田、草地第一性产出与发展优势资源产业化就成为该类型区的最突出问题。

第二节 高寒半干旱区农牧业持续发展的障碍因素

受地理、地质条件影响,高寒半干旱区具有多种农业灾害的孕灾环境,自然演替形成的干草原生态系统,植被稀疏,森林覆盖率低,天然优质草场产草量低,系统抗逆能力差,而人类不合理的资源利用又加剧了环境恶化,引发或激化着逆境的生成、蔓延,障碍了农牧业生产稳定、持续发展。

从坝上高原看,农作成型至今不过百年,自垦植初始,一直沿袭广种薄收、粗放经营的耗取式耕作制度。农业投入微微,农业生产受制于恶劣生态环境长期低而不稳,粮食自给一直是该区社会经济发展的“瓶颈”。据统计,张北县自1949~1979年的31年间,粮食总产约增长1.3倍,而人均占有粮食由1952年的556kg降为1979年的378kg,歉年人均口粮只有109kg,平年也只有200kg。粮食单产波动剔除随时间递增因素后,变异系数高达24.9%。80年代以后,由于以干旱为主的灾害频率增加,农业生产更为不稳。据1981~1990年的10年统计,张家口市农业生产“一丰三平六灾”,丰年粮食总产15.29亿kg,平年14亿kg,受灾害最重的1989年只有4.3亿kg,变异系数31.51%,较河北省高出20.28个百分点。仅张家口市,10年中平均每年因旱受灾面积51.7万hm²,占播种面积的61%,其中成灾43.7万hm²,占播种面积的52%。加之经常出现的风雹、冷霜等突发性气候灾害,土壤侵蚀、沙碱化等缓发性地质灾害,使农业生产逆境重重,农业发展举步艰难。抗逆稳产、农牧业持续发展是高寒半干旱区农业经济发展的关键。

一、气候干旱、风雹、冷霜危害

自然气候灾害是高寒半干旱区农牧业生产的主要逆境,而以干旱居首,风雹、冷霜次之。据坝上高原资料,由于地势高亢,地表平缓,受蒙古高压天气长时间控制,坝上高原少降水、高蒸发,年降水量340~450mm,变异系数16.84%,蒸发量高达1710~1980mm,为降水量的4~5倍。少雨高蒸发引起土壤干旱,据统计,张家口市春旱几率为36%~46%,夏旱几率为46%~56%,常因春夏旱相联,使农牧业大幅度减产。1989年作物生长季降水85mm,只为历年同期降水的33.3%,严重的干旱使坝上35.3万多公顷草场地皮裸露,1866头牲畜、10527只羊由瘦弱和沙结症死亡,当年张家口全区粮食总产3.55亿kg,较正常年景10亿kg减产64.5%,人均占有粮食110.5kg。部分地方干旱绝收,农民吃粮没有保障。

风雹、冷霜也是本区主要农牧生产逆境。据统计,坝上高原年平均风速4.5~5.0m/min,大风日数超过48d,春季尤甚。年沙暴日数60年代比50年代增加了9d,而70年代又比60年代增加了4d。大风不仅加剧了土壤水分蒸发,而且吹扬搬运地表细土,是土壤侵蚀、沙化的主要动力因素。据测定,张北县土壤有机质含量1960年36.5g/kg,1978年降低到22.1g/kg,1989年降至15.0g/kg。冰雹年均5~8d。冰雹与冷霜等天气每年都会引起局部地区农作物受害。

二、土层浅、土壤粗骨贫瘠

坝上高原土壤母质以玄武岩、花岗岩及其他岩石风化而成的残积为主。由于成土作用弱,土壤砂性粗骨,质地松散,地表40~60cm以下普遍分布有钙积层、粗砂、砾石等植物根系发育的障碍层次。土壤养分含量低,保水能力差,据测定,该区栗钙土土壤容重1.55~1.65g/cm³、

有机质含量 10~30g/kg, 含氮 0.8~1.5g/kg, 有效磷 5~6mg/kg, 交换性钾 80~140mg/kg。坡梁旱砂地 0~100cm 土体最大有效储水量只有 113.46mm, 有雨径流渗漏, 无雨干旱僵硬, 作物生育盛期常因供水不足而造成“卡脖旱”。尤其是过去盲目开荒, 只用不养, 坡梁地土壤风蚀沙化, 滩洼地土壤碱化, 更加重了农牧生产的土壤逆境危害。

三、生物系统结构破坏, 草畜失衡, 生态环境退化

坝上高原属于内蒙古高原干草原生态系统。由于低温、干旱的气候条件与粗骨贫瘠的土壤因素限制, 植被稀少, 森林覆盖率仅 6.3%, 生物量低, 系统环境容量小, 生态脆弱, 抗逆能力差。在中长期气候干湿波动特别是近数十年的掠夺式土地利用、滥伐过垦下, 植被缩减, 草场超载, 草畜失衡, 系统自恢复能力下降。据测算, 坝上高原合理畜载量为 97.6 万个羊单位, 而实际畜载量已达 200 多万个羊单位, 超载 1.05 倍。超出生态阈值的农牧生产活动, 促使缓发性自然灾害逆境如水土流失、土地沙化、碱化进程的持续发展, 生态系统退化演替。

四、农业投入少, 管理粗放

坝上高原自垦植开始, 一直沿袭开滩种粮、广种薄收的旧习。由于垦植后农田疏于管理, 土壤肥力下降。据 1989 年统计, 该区农田有 1/3 耕地不施肥, 耕地平均化肥有效养分施用量不及 25kg/hm²。该区大部分土壤养分缺乏, 比例失调, 79.9% 的土壤有效磷含量小于 4.5mg/kg。农田基本建设十分薄弱, 据国家重点科技攻关项目旱农张北试区统计, 该区农田人工辅助能投入量为 231.6×10⁸J/hm², 只为全国低产区平均投能量的 56.2%, 水浇地面积只占耕地面积的 7%~10%。生产条件落后, 农业投入少, 在频繁发生的灾害面前, 农牧生产抗逆能力极差。

第三节 高寒半干旱区农牧业持续发展的对策

针对高寒半干旱农牧区农业生产与资源环境的非持续因素, 探讨促使农业持续发展的指标体系与技术途径, 对明确技术改进, 农业进步, 社会发展的方向至关重要。

根据高寒半干旱农牧区的资源、环境, 农牧生产及社会经济的历史沿革与现状, 该区持续农业的技术方针应是保护不可更新性农业资源, 促进环境稳定与改善; 提高可更新性资源利用效率, 获得较高的技术经济效益; 增加投入, 调整结构, 改善农牧生产条件, 提高环境容量与生产抗逆能力, 通过科技推动与政府宏观调控建立一个使农业资源环境、农业生产、农业经济协调互依, 系统发展自我激励、自动正反馈运作的农牧生产系统。

一、适应生态环境与生产条件, 建立农林牧协调、互依的高功能农业结构

对于苛刻、多变的生态环境, 建立适应型农业结构是费省效宏(费用省、效果宏)的农业选择, 张北试区多年的科学研究及当地长期的农业生产实践证明了一点。

1. 建立与生态环境、生产条件相适应的农林结构

高寒半干旱区农业历史证明, 不合理的草场垦植与过牧是造成生态环境恶化的主要社会因素。适于该区生态环境与生产条件的合理农林牧比例与时、空关系是农业系统稳定发展的基础。对以张北试区为代表的坝上地区农业结构动态仿真分析(DYNOMO)表明, 对农业结构实行以“林草护土, 粮食自足, 畜牧创汇”农业方针下的调整, 在稳定发展保护林面积基础上, 稳定

农田面积(占总土地面积 32.60%),提高耕地单产,在粮食稳定自足条件下,大力改良草场(年改良草场 26.7hm²),充分利用草地与作物主副产品发展以“四小养”(羊、兔、猪、鸡)为主的畜牧业,形成该区农业经济的支柱产业和“龙头”商品。依此,实现以林草为主体的农业生态环境的保护与改善,以农牧结合为主体的农田物质、能量流良性循环与增益,以商品型畜牧业为主体的农业经济自动正反馈运行的系统过程。据分析,“以农促牧,农牧并举”型农业结构的建立与运行,1993~1995 年的农业总收入年递增速度可达 3.74%,农业生态环境也得到相应改善(表 1-1)。

表 1-1 “以农促牧,农牧并举”型农业结构仿真主要指标

年 度	农业总 收 入/ 万元	种植业 总收入/ 万元	粮作 面积/ hm ²	经作 ^① 面积/ hm ²	畜牧业 总收入/ 万元	大牲畜 存 栏/ 头	猪存 栏/头	羊存 栏/头	家禽 存栏/ 只	林业总 收 入 /万元	林草覆 盖率/ (%)	农村总 收 入/ 万元
前 3 年平均	122.63	71.83	764.47	169.07	44.4	444	965	2631	7473	0.37	63.91	141.44
1993 年	194.12	115.6	712.27	140.07	77.9	522	915	2566	14253	0.58	63.93	213.66
1994 年	204.3	121.7	712.27	140.07	82.0	524	947	2745	15264	0.61	63.94	224.43
1995 年	216.74	127.6	712.27	140.07	88.5	538	1056	3089	16136	0.64	63.95	237.57
1995 年比前 3 年 平均增加/(%)	76.7	77.64	-7.2	-17.2	99.3	21.4	9.4	17.7	115.9	73.0	0.04	67.97
年均增长/(%)	20.9	21.1	-2.5	-6.1	25.9	6.68	3.1	5.6	29.3	20.0	0.01	18.87

① 经作面积按统计报表为亚麻、油菜面积。

2. 建立时空适应型作物结构

作物是耕地、人工草地的生物生产者,作物生产是系统功能的直接体现。具有不同抗逆、生产性能的作物及其时、空组合成为抗逆农业结构的基础。

张北试区“七五”期间对不同作物在该区生态环境条件下的抗逆性、能量产投效益等进行了分析,结果表明,不同作物能量产投比差异明显,其中人工草抗逆最好,产能达到 $1956.2 \times 10^7 \sim 3516.9 \times 10^7 \text{J/hm}^2$,是春小麦产能的 3.2~5.8 倍。不同类型土壤具有不同的适栽作物,小麦、马铃薯、蚕豆喜水肥,在滩地种植,投能多,产能高;莜麦、亚麻、豌豆耐旱瘠,适于坡梁地种植,投能少,产能稳定(表 1-2)。

表 1-2 不同作物适栽土壤及能量产投状况(10^7J/hm^2)

项 目	滩 地			梁 地			草 滩 地		
	小 麦	马 铃 薯	蚕 豆	莜 麦	亚 麻	豌 豆	多年生草	青玉米	胡萝卜
有机能	293.7	483.4	302.0	243.8	222.9	302.3	21.7	211.8	266.0
无机能	75.2	61.9	35.9	71.2	62.4	31.7	12.7	60.4	59.6
总投能	369.0	545.3	337.9	315.0	285.4	334.1	34.4	272.2	325.6
总产能	610.8	807.3	963.6	377.9	301.2	547.5	1956.2	3516.9	1014.8
产投比	1.66	1.48	2.85	1.20	1.06	1.64	56.9	12.9	3.19

作物的时间抗逆结构是以不同作物年内的生育季节与年间的倒茬关系实现的,围绕播种保苗及生育与降水同步的抗旱作物生产,张北试区总结出了抗旱三步播种法。坡梁地与滩地通

过豌豆与春小麦早春顶凌播种,保证安全出苗;而莜麦则通过适期晚播,使之生育与降水同步保证产量,蚕豆、亚麻、马铃薯则属中间类型,其耐寒、耐干、籽寄播和无限生长、多次结果习性,使之成为全天候适应作物。试验与生产表明,豌豆采取早播与深种技术,不同水分年型均能稳定保苗,较晚播豌豆增产达 34.4%~61.3%。

旱薄相联,农田抗逆轮作十分奏效。据张北试区研究,通过早收与晚收作物,豆科与禾本科作物轮作可显著增产。滩地:蚕豆→春小麦;梁地:豌豆→莜麦及春小麦→马铃薯轮作,较作物连作可增产 29.0%~32.5%。

3. 建立饲草适应型畜群结构

畜牧生产是以作物(包括草)主副产品为原料的生物再生产过程,与当地所提供的饲草种类、数量及时序供应相适应的畜群结构和规模是实现畜牧生产草-畜平衡、稳定、高效的基础。针对草场退化、青饲期短、草畜失衡的现状,张北试区通过对不同畜种的饲草报酬率分析比较,提出了压缩马、骡等大牲畜,发展“四小养”(羊、兔、猪、鸡)的畜群结构,通过母畜越冬,减轻枯草期饲草压力,春季密集繁殖,仔羔当年出栏,提高饲草利用与转化效率。

依此,张北试区研究提出了肉兔“两季三段”密集繁殖技术,将肉兔生产分为冬、夏两季,母兔培育、配种繁殖与仔兔育肥 3 个阶段进行目标管理。该体系使商品兔生产与青饲供应期相适应,成效显著。大群体统计,母兔年产胎数达 7.0 胎,繁殖断奶仔兔 46.0 只。

二、保护与改善生产条件,增加投入,提高农业抗逆能力

广泛采用现代社会为农业提供的人工辅助能条件,保护生产环境,改善生产条件,是实现高寒半干旱区农牧业抗逆稳产持续发展的关键。

1. 有机无机肥料配合,建立稳产、高产基本农田

实践证明,没有较高肥力的土壤及集约农作技术,就不可能保证高额、持续的产量。张北试区长期定位试验结果表明,氮、磷肥与有机肥配合施用是快速培肥土壤、提高作物产量的有效措施。单施磷肥增产 19.5%,单施氮肥增产 81.7%,氮磷配合施用增产 276.9%,氮、磷之间有明显的正交互作用,氮、磷化肥与有机肥料配合施用增产 374.8%。

由此可见,有机、无机肥料配合施用培肥改土效果明显,1991~1995 年五年间土壤腐殖质含量提高了 45%。

2. 提高抗旱土壤耕作技术,蓄水保土

最大限度的储蓄自然降水,减少土壤水分蒸发及抗蚀保土是高寒半干旱区土壤耕作的技术核心。抗旱、抗蚀耕作成为保护与提高农田土壤生产性能的基础。张北试区 1991~1995 年对不同耕法蓄保水分性能及产量效应研究表明,在栗钙土上,采用沟垄种植、垄部覆膜、沟部带状松耕、立茬越冬的少耕法,既可有效打破土壤僵化,又能减缓土壤有机质矿化速率,与常规耕作相比,采用垄膜沟作法,莜麦水分利用效率由 $4.05\text{kg}/\text{mm} \cdot \text{hm}^2$ 提高到 $4.65\text{kg}/\text{mm} \cdot \text{hm}^2$,并使周年水分获得正平衡。

三、发展地区经济,促进农业系统经济自动正反馈运行

由适应为传统的传统农业向有目的地调控生产过程的现代化农业转变,必然依赖于社会向农业系统大量人工辅助能投入,而实现与支持这一转变的基础,是农业系统的经济发展。坝上高原农业生产也正面临着这一转变。摒弃被动的自足经济,促进农业经济的自动、正反馈运行,

是实现该区抗逆稳产,农牧业持续发展的最终动力。

实现农业系统的开放运行,对农业经济进行市场促动,对于一直封闭、保守的坝上地区相对困难,但愈显重要,就目前现状可有粮经结合、农牧结合和发展优势资源产业化三条技术途径。

1. 粮经结合

随着农业投入的增加与生产条件改善,作物单产逐步提高,在一些初步解决温饱的地方,作物结构已逐渐由过去单一粮食生产转向粮经并重结构,这一转变的作物特征是粮经兼用作物的发展。张北试区在实现这一转变中,采用了粮豆轮作的种植模式。旱砂地发展莜麦→豌豆轮作较莜麦连种不仅经济效益可提高85%~120%,产量还可增加7%~14%。补水田进行春小麦→蚕豆轮作,产量为春小麦连种的90.8%,经济效益为春小麦的1.73倍。这一粮经结合生产方式,丰年豆类可作商品售出,歉年又可充作粮食,群众易于接受,是坝上高原农业保稳产、求发展的首选模式。

2. 农牧结合

农牧结合对于高寒半干旱区农业抗逆稳产持续发展具有更为重要的作用。据“七五”期间研究,在张北试区耕地年获29.22kg/hm²总氮量中,有27.24kg/hm²即占93.37%的氮素来源于农业系统之内的再循环与土壤自然增氮作用(包括草地向耕地的氮素转移作用)。畜牧业的发展,不仅起着为农业提供扩大再生产的物质、能量基础作用,而且也是该区农业产值与农村经济的主要支柱。据统计,在目前农牧生产中,牧业产值占农业产值的31%~41.1%。贯通与强化农牧间的物能流互依、互促关系,发挥畜牧这一地区性产业优势,成为坝上高原农业经济发展的重要途径。

农牧结合,农为基础,牧业增值的运行关键是饲料、饲草量的快速增长与畜牧繁衍技术的提高。基于坝上高原的生态与生产条件,饲草与草食动物应处优先发展地位。提高耕地产量可以改善畜牧业饲草,特别是冬季补饲供应,而全面改善坝上高原草-畜失衡状况、发展商品型畜牧业,则必须提高、开发为耕地面积1.3~1.4倍的草场生产力。

草场围栏、补播、松土等都是提高草场生产力的有效途径,而大幅度、稳定地提高草场生产力则必须通过人工种草,实现草业栽培化。草场一般分布在地势低平的滩洼地区,在由于过牧而严重退化的自然草地上或盐碱化的撂荒地上建立人工草场有多种困难。其一,成本高,由翻耕、草种、肥料及人工等构成的成本因素与同面积的农田基本相等,而平均年牧草产值只及农田的1/4~1/3;其二,草被恢复缓慢,并受盐碱化威胁,再加上该区多变的气候环境,或旱或涝,或霜或雹,使种草成功率大为降低。张北试区经过多年研究证明,采用“油草混播”是快速建立人工草地的有效技术途径。利用一年生油菜与目标牧草杂花苜蓿和老芒麦混播伴生,既满足了多年生牧草第一年植株矮小需要保护的要求,又能减缓土壤水分直接地表蒸发,抑制盐化,且在种草第一年增收油菜籽,获得经济效益。研究与生产表明,采用油草混播技术建立人工草场,种草第一年可生产4030.5~4237.0kg/hm²相当自然草场2.5~3.9倍的生物量,尚可收获466.5~541.5kg/hm²油菜籽,其产值基本上补充了全部种草费用。

3. 优势资源产业化

在稳定粮经面积、促进农牧结合基础之上,集成、创新与发展优势资源产业化,是实现类型区经济快速增长的又一重要技术途径。张北试区研究表明,以高寒半干旱区蔬菜优质高产及市场错峰供应为核心,突破蔬菜品种及时序生产规模化,集约化经营,错峰蔬菜产值达大田作物

的 6~8 倍,与专用马铃薯适销对路品种引进、简化脱毒快繁优质供种及高产栽培技术共同构成高寒半干旱区又一新型市场导向型支柱产业,该市场导向型产业化技术成为启动地区经济发展的重要杠杆,在促进农村经济快速发展,农业系统经济自动正反馈运行中发挥了重要作用。

四、控制土地“三化”,扩大系统“三流”

高寒半干旱区土地退化主要是土壤侵蚀沙化、盐碱化与土壤贫瘠化。

土壤侵蚀主要是风蚀与水蚀。侵蚀造成蚀地的土壤沙化与肋地的被动淤积沙化。土壤侵蚀的外因是风力与降水,内因是砂性土壤母质与草地垦植后的不合理耕作,波状起伏的地貌加重了这两种营力的影响。控制土壤侵蚀是实现该区环境资源持续的优先考虑,提高林草覆被度与执行保护性土壤耕作制度是控制土壤退化的有效途径。

干草植被是该区生态系统自然演替顶极群落,具有较好的环境适应性与抗逆性。对于垦植而严重退化的土地,施行人工种树种草是控制土壤退化的生物途径。实践证明,对于侵蚀退化的土石丘陵及坡顶梁脊植树造林具有显著的抗风减蚀效果。据对沽源县成林网测定,在有林网保护的农田,风速比旷区降低 25%~30%,气温升高 1.5~2℃,相对湿度增加 3%,林网内农田平均产量提高 5%~10%。

对于地势低平的滩洼盐碱退化草地,人工种草是改善与恢复土地生产力的有效措施。人工草地建设能有效地控制土壤盐分,加速改善盐碱化草地生态。

农田主要分布于平缓坡梁地与旱滩地。农田土壤退化主要是沙化、干化与有机质、矿质营养元素的耗损。作物轮作与保护性土壤耕作制度有助于耕地资源环境的稳定与改善。张北试区研究表明,采用垄部覆膜、沟部松耕、立茬越冬的土壤少耕法,可有效减缓土壤风蚀,拦截降雨,与常规耕作相比,可显著改善土壤水分与有机质平衡,减少水分蒸发,作物产量显著提高。

由于人畜增长的压力而带来的土地“三化”,迫使北方农牧系统呈被动性退化型开放运行。随着市场经济的发展,北方高寒半干旱农牧生产将参与地区性乃至全国的大范围的经济循环,目标性农牧产品输出与交换,必将系统推向主动性开放运动。开放性是系统有序性的前提,负熵输入是系统有序演替的条件。实现北方农牧区“资源环境—农牧生产—经济增长”的协调互依、持续增长必须扩大系统三流——能量、物质、信息的投入。

物质态系统投入受到人们的普遍重视;能量、信息态投入,如耕地的整治与维护、水土工程保持、农民教育、农业技术示范推广等,在创造农牧生产的基础条件与改善其软环境等方面也对系统起着不可代替的负熵流输入作用。

第二章 农田水分动态及调控技术

第一节 降水特征

坝上高原受蒙古高压天气系统控制时间长、影响大,形成冬季漫长,西北风盛行;夏季短促,干燥少雨的高寒半干旱大陆性季风型气候。该区全年降水量 340~450mm。张北县气象站多年气象资料统计分析结果如表 2-1。

表 2-1 张北站各月干湿状况

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	全年
潜在蒸散量 ET_0/mm	8.4	10.4	47.3	82.1	133.0	138.7	129.2	110.9	70.6	46.2	18.7	8.6	804.1
降水量 P/mm	1.7	2.6	6.4	13.3	29.6	72.3	101.5	96.0	44.1	20.7	4.0	1.1	393.2
P/ET_0	0.202	0.250	0.135	0.162	0.222	0.521	0.786	0.866	0.625	0.448	0.214	0.128	0.489
干燥度	4.9	4.0	7.4	6.2	4.5	1.9	1.3	1.2	1.6	2.2	4.7	7.9	2.0

张北站年均降水 393.2mm,潜在蒸散量(ET_0)804.1mm,为全年降水量的 2.0 倍,降水满足潜在蒸散量程度 P/ET_0 为 0.489,干燥度为 2.0,全年季节干湿差异明显。对于半干旱区作物生产,生长季降水更为重要,从 4 月下旬至 9 月上旬为高寒半干旱区喜凉作物的可能生长季,历时 100~120d。不同作物及熟型,其生长季的降水存在显著差异。选择张北、康保两个典型生态点作物生长季各月逐旬降水、水量变异及满足潜在蒸散程度等分析如下。

表 2-2 表明,张北县作物生长季总平降水 320.93mm,占全年降水的 81.5%,95%置信上下限分别为 342.91mm 和 298.95mm。作物生长季降水年际间较稳定,变异系数仅为 18.95%,干燥度平均 1.32,降水集中并绝大多数落在作物生长季内。但生长季逐月各旬降水量差异极大,5 月上旬最低 5.36mm,8 月上旬最高 36.48mm,干燥度 1.07~8.02。分析旬降水年内与年间变异表明:6 月中旬出现降水增长前的低谷,降水量平均 18.84mm,较上旬减少 16.3%,干燥度达 2.45,降水变异系数在春季各旬中为最低,仅 69.98%。进入 6 月下旬,降水量稳定增长,随着风速减小,湿度升高,潜在蒸散量(ET_0)下降。6 月下旬至 8 月下旬,旬降水量稳定在 30mm 以上,其中 8 月上旬达 36.48mm,各旬降水量变异系数较小,干燥度 1.07~1.47。

康保县全年总平均降水量 349.9mm,变异系数 17%。表 2-3 表明,4 月下旬至 9 月上旬作物生长季间总降水量 285.99mm,95%置信上下限分别为 310.96mm 和 261.02mm,变异系数 25.32%,年际间相对稳定,变异系数小。从作物生长季间总降雨的频数分布看(图 2-1),降雨量小于 150mm 的严重干旱年,出现 2 次,仅占 5.7%;大于 250mm 的年份 25 次,占 71.43%。各旬降雨(表 2-3,图 2-2),5 月中旬之前小于 10mm,6 月中旬之前小于 20mm,其中 6 月上旬平均降雨 13.17mm,较 5 月下旬降雨减少 8.0%。从 6 月下旬开始进入雨季,旬降雨大于 25mm,

表 2-2 张北县生长季降水特征分析(1956~1991)

时 间	95%置信 下限/mm	旬平均 降雨/mm	95%置信 上限/mm	变异系数 CV/(%)	ET_0	干燥度
4月下旬	3.88	5.93	7.98	102.08	35.4	5.97
5月上旬	3.33	5.36	7.8	111.0	43.0	8.02
5月中旬	5.31	7.71	10.10	92.01	44.3	5.75
5月下旬	12.37	17.16	21.94	82.38	45.0	2.62
6月上旬	14.37	22.52	30.67	106.97	47.5	2.11
6月中旬	14.38	18.84	23.30	69.98	46.2	2.45
6月下旬	22.92	30.89	38.85	76.26	45.0	1.47
7月上旬	24.08	31.00	37.92	65.93	44.3	1.43
7月中旬	28.00	35.10	42.20	59.81	43.1	1.23
7月下旬	26.54	35.37	44.21	73.79	41.8	1.18
8月上旬	28.25	36.48	44.71	66.65	39.2	1.07
8月中旬	21.81	29.36	36.92	76.05	37.0	1.26
8月下旬	22.59	30.18	37.77	74.33	35.0	1.16
9月上旬	11.62	15.05	18.47	67.24	28.2	1.87
4月下旬至 9月上旬累计	298.95	320.93	342.91	18.95	424.9	1.32

7月下旬达到高峰,至8月下旬期间降雨占生育期总降水的71%。可见,该区6月上旬至中旬呈现降水增长前的低谷,此期为该区生长季稳定干旱临界期,对于早春播种作物如春小麦、豌豆等,6月上至中旬的稳定干旱直接影响拔节与分枝发育,成为旱地作物生产的主要障碍。从7月下旬至8月下旬,降水集中,干燥度较小,为全年稳定湿润期。稳定湿润期降水能够基本满足农业蒸散需要,加之雨热同步,此期成为发挥农业技术作用、提高作物产量与降水转化效率的关键时期。

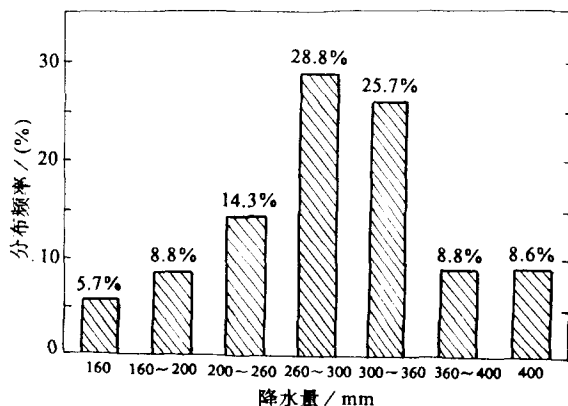


图 2-1 康保县 4 月下旬至 9 月上旬降水量分布频率图(1960~1994)

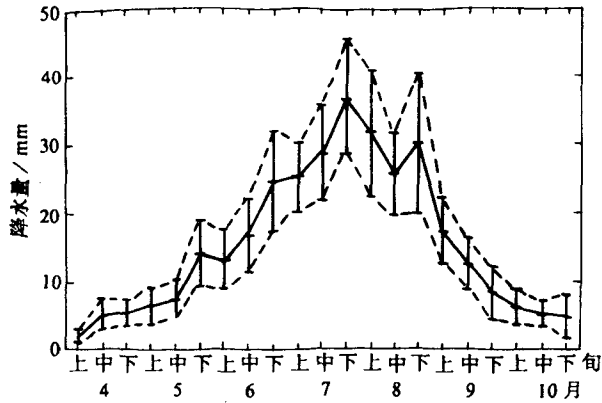


图 2-2 康保县 4 月上旬至 10 月下旬平均降水量和 95%置信区间(1960~1994)

表 2-3 康保县生长季降水特征分析(1960~1994)

时 间	95%置信 下限/mm	旬平均降雨/mm	95%置信 上限/mm	标准差/mm	变异系数 CV/(%)
4 月上旬	1.37	2.45	3.52	3.11	127.3
4 月中旬	3.22	5.59	7.96	6.88	123.1
4 月下旬	3.69	5.71	7.74	5.87	102.8
5 月上旬	3.97	6.84	9.71	8.32	121.7
5 月中旬	4.90	7.79	10.67	8.36	107.4
5 月下旬	9.53	14.32	19.11	13.89	97.0
6 月上旬	8.77	13.17	17.57	12.76	96.8
6 月中旬	11.57	16.98	22.39	15.69	92.4
6 月下旬	17.54	24.95	32.37	21.5	86.2
7 月上旬	20.18	25.36	30.54	15.01	59.2
7 月中旬	21.81	28.93	36.04	20.62	71.3
7 月下旬	28.41	37.07	45.73	25.11	67.7
8 月上旬	22.36	31.79	41.21	27.33	86.0
8 月中旬	19.51	25.59	31.67	17.63	68.9
8 月下旬	20.04	30.36	40.68	29.92	98.6
9 月上旬	12.30	17.14	21.97	14.02	81.8
9 月中旬	8.94	12.58	16.21	10.53	83.8
9 月下旬	4.70	8.57	12.44	11.23	131.0
10 月上旬	4.01	6.71	9.42	7.84	116.9
10 月中旬	3.54	5.49	7.44	5.65	102.9
10 月下旬	1.83	5.03	8.23	9.28	184.5
4 月下旬至 9 月上旬累计	261.02	285.99	310.96	72.41	25.32