

国家“九五”科技攻关项目

黄土高原水土流失与农业可持续发展中重大共性关键问题

黄土高原粮食生产 与持续发展研究

上官周平 彭珂珊 彭 皓 主编

陕西人民出版社

序 言

粮食问题对于一个民族的生存与发展是至关重要的问题。对于粮食问题的特殊性,毛泽东同志曾说:“手中有粮,心中不慌”;“以粮为纲,全面发展。”邓小平同志早在1945年就指出,“谁有了粮食,谁就有了一切”。1986年小平同志又针对当时粮食连续徘徊,进口量加大,随着人口增长,人均占有量减少的实际,指出:“农业要全面规划,首先要增产粮食……2000年生产多少粮食,人均达到多少基本过关,这要好好计算,2000年要做到基本过关,这是一项重要的战略部署。”江泽民总书记1998年4月28日在联合国粮农组织授奖仪式上讲:“随着中国人口的增长,人均粮食的水平提高和经济的发展,中国对粮食等农产品的需求还会逐年增加,我们将始终不渝地把农业放在国民经济的首位,进一步稳定和加强农业,确保粮食和农业生产的持续增长。”

黄土高原属于典型的半干旱地区,是我国的能源与化工基地,又是21世纪经济建设的战略地区,同时也是世界上水土流失最严重的区域之一,生态环境恶化,旱涝灾害发生频繁,农业生产率低下,致使该地区粮食短缺问题比较突出。国家区域新战略格局的塑造、边疆的巩固和民族团结的加强、黄河和黄淮海平原的安全,都同黄土高原的开发进程息息相关。黄土高原地区粮食问题一直是困扰当地领导和人民的首要问题,深入全面研究这个区域的粮食生产问题,对该地区农业生产和经济发展有重大意义。黄土高原是中华民族文化的发祥地,是我国历史上早期农牧业生产区和政治中心,地处黄河中上游与淮河上游地区,粮食是该区人民赖以生存的最基本产业。从西安半坡遗址窖藏粟米数斗可以推断,其粮食生产历史不少于6000年,在4000多年前我国历史进入农业社会时期,就设立有农官,领导人民进行粮食生产,尧帝(公元前21世纪)“举弃为农师,天下得其利”,舜帝“封弃于邠(即今之陕西武功),号曰后稷”,至今在漆水河畔武功镇内尚有纪念后稷“教稼穡墙,树艺五谷”教台,其子不耆“奔戎狄之间”(即今甘肃庆阳),不耆之孙公刘“别在戎狄间,复修后稷之业,务耕种,行地宜”。建国之后,国家对黄土高原地区建设与治理给予极大的重视,1997

年江泽民总书记提出了“再造一个山川秀美的西北地区”；同年7月，国家在杨凌设立国家农业高新技术产业示范区，这对于推动西北地区的粮食生产和生态环境建设具有十分重要的意义。

黄土高原地区粮食能否自给，是关系到区域经济发展和黄河长治久安的重大问题，国家自“七五”开始，在定西、西吉、固原、准格尔、米脂、安塞、高石、长武、淳化、乾县、郃县11个县设立11个试验示范区，全部位于黄土高原地区生态脆弱的中心水土流失区，经过十多年科技攻关，从理论与实践上阐明了以下三点：(1)粮食有成倍增长潜力，而且可实现短期内超常规增长；(2)人均粮食可达到小康水平，甚至更多；(3)化肥、农田基建、良种良法是增产的突破口。攻关前平均每公顷产粮1696公斤，攻关后粮食单产产量年递增14%，在攻关的第四年，单产可上升到每公顷2876公斤，增产率为69.4%。人均占有粮在人口以2%速度增长情况下，仍大幅度上升，攻关前人均占有粮382.2公斤，攻关后上升到614.8公斤，增长60.9%，较小康目标人均400公斤高出54%。这些试验示范给黄土高原地区人民在粮食生产上以极大的信心，他们坚信，经过努力是完全可以解决粮食问题，实现粮食自给的。

中国科学院、水利部水土保持研究所的一批科技工作者长期扎根黄土高原地区工作，对黄土高原粮食生产和生态环境整治已形成一套较为完整的工作方法和理论体系，积累了丰富的研究资料，取得了一批有影响的科技成果，《黄土高原粮食生产与持续发展研究》就是他们辛勤劳动的结晶。通过认真研读与仔细审阅该专著之后，我本人认为该书是一本学术质量较高的科学著作，具有如下几个特点：

第一，对黄土高原粮食生产情况进行了切合实际的分区，论述了本区和各亚区粮食生产的特点和资源状况，对粮食生产态势进行了分析；采用多种方法对粮食生产的发展前景进行了预测，在分析黄土高原各县粮食生产力的基础上，对黄土高原各县和典型县的粮食产量潜势及其实现率进行了计算，并就黄土高原作物高产典型事例进行了分析；在对人口增长历史进程、耕地播种面积增减过程分析基础上，探讨了黄土高原土地、人口、粮食可持续发展模式及其实现策略。

第二，针对粮食发展中存在的问题，初步提出了粮食持续发展必须与提高综合生产力和改善生态环境相结合的战略思想，具有新意。黄土高原作为一个内陆欠发达地区，同时又是我国能源基地，其开发过程中将伴随人口增长，对粮食为主的各种农副产品需求增加，因而需要大力发展粮食生产。特别是随着国家在21世纪将经济战略目标向西部的转移，必须保持粮食持续增长，重视合理利用自然资源，保持农业生态环境，防治各类灾害的发生和环境的恶化，不仅增强其持续发展的能力，而且能实现粮食基本自给或自给有余，这些目标的实现必须有一定的经济基础作后盾。

第三，因地制宜地提出了黄土高原粮食生产潜势的实现条件和高效技术，即调整粮食作物结构，建立高产优势粮食作物生产系统，引进优良品种，应用配套技术；增强能量投入，提高投入效率，改善施肥技术，提高化肥利用率；合理利用“四水”，提高单位水量生产效率；保护基本农田，改善农田质量。这些措施形成配套持续增产技术，为粮食发展奠定了基础，而且从建立一个协调平衡的农业技术、经济、生态系统与粮食密切相关的社会系统的角度，探讨了黄土高原粮食可持续增产技术的发展途径。

第四,采用经济学与生态学的观点,提出了黄土高原粮食的综合增产对策,从社会科学和自然科学两个角度出发,兼顾经济效益、社会效益和生态效益三个方面,同时选择切合实际、提高粮食产量的技术,又应用到实践中进行验证,把先进的科学方法和常规计算方法结合起来,保证精选对策合理性和科学性,最终实现高产、优质、高效之目的。

第五,整个研究遵循实践—理论—实践的原理,在从试点和典型调查中不断总结经验的同时,借鉴国内外成功的实践理论指导整个研究工作。在建立数据库的同时,构建了系统动力学模型、计量经济模型和多目标优化模型。采用大田试验研究与统计综合分析相结合,定量分析与定性分析相结合,案例分析与调查研究相结合,社会科学与自然科学相结合的方法,对黄土高原粮食问题进行全方位和多角度的综合认识与评判,历史地、发展地寻求保证粮食持续发展的战略,为指导区域农业发展提供科学依据。

总之,该书体系完整,资料系统,涉及到农业科学的诸多领域,是一部理论上有一定深度、实践上有一定广度的专著。希望该书的出版能在黄土高原粮食生产与持续发展,生态环境建设和综合治理中发挥积极的作用。

中国科学技术协会副主席 李振声
中国科学院院士

1998年7月16日

前 言

粮食是人类社会可持续发展的物质基础和根本保障,粮食已成为举世瞩目的重大政治问题和经济问题。1997年世界粮食首脑会议通过的《世界粮食安全罗马宣言》称:“饥饿和粮食不安全问题涉及全球……增加生产应在持续管理自然资源……以便履行我们对当代和子孙后代实现粮食安全的责任。”俗话讲:“手中有粮,心中不慌;有粮则稳,无粮则乱”,这也是建国以来粮食生产与社会发展关系的历史总结。我国人口多、耕地少,解决吃饭问题是我国面临的一项长期而艰巨的任务。近年来,中国粮食问题引起了国内外各界人士的广泛关注,特别是美国学者布朗博士的《谁来养活中国》的专著在国际上引起强烈反响,不可否认的是布朗把“中国粮食危机论”喊响了,加上刺激性的标题,发聋振聩,颇有警世之功,备受关注。为此,中国国务院组织众多专家,经过严谨的科学论证后,于1996年1月25日发表了《中国的粮食问题》白皮书,认为新中国解决了人民的吃饭问题,同时,在未来立足国内资源,实现粮食基本自给,是中国解决粮食供需问题的基本方针;中国不但不会对世界粮食安全构成威胁,还将为世界粮食发展做出更大的贡献。

黄河流域黄土高原地区总面积约62万平方公里,包括山西、内蒙古、河南、陕西、甘肃、青海和宁夏等七省(区)的306个县(旗、市、区),其界限为太行山以西、日月山以东、秦岭以北、阴山以南。这些地方是黄土高原区内商品粮生产基地,是农业高生产力地区,区内水土流失面积43.40万平方公里,其中严重水土流失区(丘陵沟壑区、高原沟壑区)总面积约为28万平方公里。一般所说黄土高原水土流失区即以此28万平方公里最严重流失区为指向,由于这一地区的水土流失最为严重,因而该区也就成为实现黄土高原粮食生产与持续发展的难点地区,本书即以此区为研究对象。为叙述方便,以下有关黄土高原的统计指标,如无特别注明均指属这一严重水土流失区。该区处于山西吕梁山以西、兰州以东、长城以南、关中平原以北的区域,范围涉及陕西、甘肃、宁夏、山西、内蒙古等五省(区)的106个县(市、旗)。该区域入黄泥沙占到黄河总输沙量的90%,属黄河中游重点治

理区。由于本区位于我国东部平原向西部高原和干旱地区的过渡地带,加之受强烈水土流失之影响,所以区域分异性强,类型多样,区内生态因素呈陡立梯度变化,年降雨量400~600毫米,大于10℃年积温2000℃~3300℃,海拔500~2500米,土壤质地由粘壤质到沙质,地形由较完整到极破碎。该区1993年的粮食产量为976.33万吨,比1949年增长2.42倍,平均增长速度为2.84%;同期全国粮食总产量翻了两番(3.99倍),平均增长速度为3.35%,均高于前者。1993年黄土高原粮食单产为1892公斤/公顷,粮田生产力为2045公斤/公顷,全国相应为3938公斤/公顷与5997公斤/公顷,较黄土高原高1~2倍。该区人口倍增时间27年,短于全国(38年)。黄土高原水土流失严重,土壤侵蚀指数在1000~15000吨/公顷·年之间,坡耕地表层水土流失尤为严重,年平均达1.5~13.0毫米,相当于每公顷每年流失氮120公斤,全磷150公斤。所以,黄土高原是我国人口、资源、环境矛盾最集中,治理难度最大的区域之一,黄土高原区域农业国家科技攻关项目,即以这一地区为攻关区域,解决这个地区的环境整治和农业发展问题,对整个黄土高原地区经济发展和根治黄河具有很重要的意义。我们主要针对这一区域粮食生产潜势及其持续开发技术开展研究工作。

黄土高原综合整治已进行了几十年,各部门在黄土高原进行了大量的试验研究和治理工作,特别是国家在“七五”“八五”“九五”期间三度对黄土高原综合治理与农业持续发展进行科技攻关,其中一个重要内容就是提高主要农作物生产力问题,即解决粮食短缺问题,在作物增产技术措施和生产实际应用中取得了令人鼓舞的成果,如“八五”期间11个试区经过全面强化管理,1991年到1995年的五年间,粮食单产从2346.12公斤/公顷提高到2705.24公斤/公顷,提高了15.13%,每人平均产粮由512.96公斤提高到591.48公斤,提高了15.13%,生产潜势实现率为53.6%,黄土高原的粮食产量潜势实现率为23.0%~53.6%。在“七五”攻关期间,安塞、离石、定西和长武试验示范区攻关四年粮食单产增长71.1%~119.0%,人均占有量达到500.7~590.0公斤,增长48.5%~83%,粮食单产递增率为14.4%~21.7%,这些数据与全国1949~1990年平均2.65%的年递增率相比,显然属超高速增长,而且在短短的四年内实现。从技术角度上讲,粮食短期内速度超常速增长有三个突破口:成倍增加养分投入,并提高化肥利用率;强化土壤水分效应,建好基本农田;更新优良品种,优化栽培技术。目前,黄土高原面貌已发生改变,许多地方粮食丰茂,从点到面,为实现全区粮食基本自给并提高自给标准已展现出光明前景。近年来,黄土高原各地区通过各种农业技术措施的综合运用,不少地区出现了大面积的“吨粮田”和“双千田”,黄土旱塬各地还出现一料作物亩产吨粮的事实,这在国内其他地区也不多见。大量科学研究与生产实践证明:在现有经济状况下,黄土高原大幅度、大面积提高旱作或土壤生产力是完全可能的;黄土高原是一个可以实现粮食自给,并为国家经济发展做出巨大贡献的地区。

黄土高原区域水土流失防治与农业持续发展中的重大共性关键问题研究,是国家区域综合整治攻关课题中的一个专题,目的是着眼于区域内重大问题,以试验示范区为依托,对一些重大问题和关键技术问题提出可靠的依据和可实施的关键技术,促进区域经济、环境的协调持续发展。我们就区域粮食问题开展了以下几个方面的研究工作:一是结合生产现状和自然资源优势,以提高作物生产力为中心,把已有的和试验示范区研究的单项技术进行分析、组装、配套,形成高效投入产出技术体系;二是在对各县历年的粮食、人

口、耕地、经济状况和能量投入等因素分析基础上,提出黄土高原粮食、人口、耕地综合发展模式及最低必须保有量、人口适宜增长率等重要指标及相应的技术经济政策;三是在黄土高原不同类型区进行了定点、定位的实地研究,探索不同类型区实现粮食生产潜势的作物高产稳产栽培耕作关键技术与开发对策。几年来,在有关科研人员的努力下,课题研究取得了初步成绩,并正在逐步深入地向前发展。该项研究采用整体、系统、宏观、多维的思路,由综合研究到单项研究再到分区研究,由理论到实例引证,由定性到定量,由质量到数量对黄土高原粮食问题做了系统全面的分析,整个研究具有自然科学与社会科学交叉,定量与定性结合,微观与宏观并重,调查与研究结合的特色。

本课题研究过程中得到中国科学院自然资源与环境重大研究项目的资助,同时也得到中国科学院水土保持研究所余祖研究员、邵明安研究员、王万忠研究员、刘国彬研究员、穆兴民副研究员、吴普特研究员,中国农科院黄季昆研究员、牛若峰研究员,南京经济学院李全根教授,陕西省农业科学院白志礼研究员,西北农业大学范秀荣教授的支持和指导;华中农业大学张俊骅副教授撰写了第一章第二节,西北大学石高宏同志参加了第八、九、十一章的撰写;陕西人民出版社副总编朱玉编审策划本书出版,责任编辑马来为本书的出版给予热情的支持和帮助,王佩臻同志清绘了本书的插图,对此一并表示衷心的感谢。

鉴于黄土高原区域广阔,农业生产类型复杂和近年来社会经济发展较快,加之著者的知识与经验有限,书中难免有一些错、漏、不当之处,恳请读者不吝赐教。

作 者

1999年6月20日

目 录

序 言	(1)
前 言	(1)
第一章 粮食生产综合分区	(1)
第一节 区域分布及特征	(1)
一 区域分布界定	(1)
二 粮食生产持续发展面临的主要条件特征	(3)
第二节 粮食生产的环境分类	(4)
一 粮食生产的气候环境	(4)
二 粮食生产的土壤环境	(6)
三 粮食生产的地貌环境	(6)
四 粮食生产的投入环境	(7)
五 粮食生产的政治环境	(8)
六 粮食生产的政策环境	(8)
第三节 粮食生产分区	(10)
一 黄土台塬中产区	(14)
二 黄土丘陵低产偏中区	(14)
三 长城沿线风沙丘陵低产区	(16)
第二章 粮食生产现状	(19)
第一节 粮食生产的区位态势与增长速率	(19)
第二节 粮食结构与区域分布	(22)
一 夏粮与秋粮	(22)
二 食用主粮	(23)
三 食用杂粮	(26)
四 兼用粮食	(26)
第三节 主要粮食作物生产力	(28)
一 中产至高产粮食作物	(30)
二 低产偏上至中产粮食作物	(31)

三 低产至低产偏上粮食作物	(32)
第三章 粮食生产动态分析	(34)
第一节 粮食生产自然时段分析	(34)
第二节 粮食生产进程及其谱线分析	(37)
第三节 粮食生产丰歉及其出现规律	(45)
第四章 人口增长进程与预测	(54)
第一节 人口增长的历史进程	(54)
一 建国前人口增长的历史进程	(54)
二 建国后人口增长速度	(55)
第二节 人口分布与人口密度	(59)
一 人口分布规律	(59)
二 人口密度	(59)
第三节 城镇人口数量、比重与分析	(65)
第四节 人口文化素质	(67)
第五节 未来人口发展模式与趋势预测	(71)
一 预测模型	(71)
二 预测结果	(73)
三 预测结果分析	(73)
第五章 土地资源状况分析	(76)
第一节 土地资源利用现状	(76)
第二节 土地资源持续利用的优势	(78)
一 土地类型复杂多样	(78)
二 农林牧副渔业用地潜力大	(79)
三 气候资源匹配相对较好	(80)
第三节 土地增减过程与发展趋势预测	(80)
一 土地、耕地、粮田面积与粮食播种面积	(81)
二 粮食作物播种面积增减过程	(82)
三 粮食作物播种面积发展趋势预测	(86)
第六章 粮食生产潜势	(88)
第一节 粮食产量分级探讨	(88)
第二节 粮田生产力地域分异	(90)
第三节 粮田气候产量潜势及其实现率	(95)
第四节 粮田光温产量潜势	(101)
第五节 粮田生产力与粮田产量潜势特征	(104)
第六节 粮食高产记录与启示	(105)
一 粮食高产记录	(105)
二 高产记录的启示	(108)

第七章 粮食生产前景预测	(111)
第一节 粮食趋势产量预测	(111)
第二节 粮食峰值产量与谷值产量预测	(113)
第三节 粮田最大可能生产力	(115)
第八章 粮食可持续发展模式	(118)
第一节 土地、粮食、人口的可持续发展模式	(118)
第二节 人均粮食产量提高途径	(120)
一 人均粮食用量	(120)
二 人均粮食产量探讨与发展趋势预测	(124)
第三节 人口总量控制策略	(128)
第四节 提高粮食单产与保持粮田面积的策略	(129)
一 粮食平均单产增长与发展前景预测	(129)
二 提高粮食单产的政策讨论	(131)
第九章 农业水资源管理技术	(135)
第一节 农业水资源评价	(135)
一 降水资源状况	(135)
二 地表水与地下水资源状况	(137)
三 旱作农田水分状况评价	(139)
第二节 影响粮食生产的干旱发生规律及其成因	(142)
一 干旱对粮食生产造成的危害	(143)
二 干旱发生规律及类型	(145)
三 干旱形成的主要原因	(148)
第三节 水资源高效开发利用与防旱对策	(155)
一 多渠道、多途径改善农业水资源条件	(155)
二 “集、蓄、保、用”结合, 高效利用降水	(158)
三 加强科学研究, 搞好抗旱减灾	(162)
四 重视宏观管理, 增强节水意识	(164)
第十章 旱地农业节水技术	(166)
第一节 水土保持耕作措施	(166)
第二节 农田覆盖节水技术	(171)
一 农田覆盖的主要类型	(171)
二 农田覆盖的效应	(173)
第三节 化学抗旱保水技术	(178)
一 抗蒸腾剂	(178)
二 吸水剂	(179)
三 氯化钙-赤霉素合剂	(181)
第四节 发展节水灌溉, 增进灌溉效益	(182)

一 节水灌溉与作物产量的关系·····	(183)
二 节水灌溉技术·····	(185)
三 旱地作物补充灌溉·····	(187)
四 节水灌溉制度·····	(190)
第十一章 粮食持续增产技术·····	(193)
第一节 调整作物结构,建立高效生产系统·····	(193)
一 调整粮食作物种植结构·····	(193)
二 发展立体农业,扩大多熟种植·····	(196)
三 强化农牧结合·····	(199)
第二节 建设基本农田,改善耕地质量·····	(200)
一 基本农田现状与发展方向·····	(200)
二 提高基本农田建设质量的途径·····	(203)
三 新修梯田粮食持续增产技术·····	(205)
第三节 增加能量投入,提高投能效率·····	(209)
一 农田投能的基本原理·····	(209)
二 能量投入现状与能量生产效率·····	(210)
三 提高投能效率的途径·····	(213)
第四节 科学合理施肥,培肥农田土壤·····	(215)
一 土壤肥力状况·····	(215)
二 合理施肥的效应·····	(217)
三 农田培肥的原则·····	(221)
附表(1~8)·····	(231~248)
参考文献·····	(249)

第一章 粮食生产综合分区

黄土高原以水土流失严重闻名于世,在水土流失严重地区时常发生粮食供应不能满足需要的情况,因而粮食问题成为当地政府和人民十分关注的一个重要问题。为研究黄土高原水土流失区的粮食问题,我们在黄土高原水土流失区对粮食生产进行了综合考察与定位试验,并对各地有关粮食生产及其自然、经济等条件进行了分析研究,认为黄土高原水土流失区包括5省(区)的109个县(市),土地总面积27.68万平方公里,地貌类型主要为黄土高原沟壑、黄土丘陵沟壑与风沙丘陵,农业生产以旱作农业为主。在对黄土高原水土流失区粮食生产的气候、土壤、地貌、投入、政治和政策环境综合分析基础上,认为影响农业生产可持续发展的主要因素为水土流失严重、水资源短缺、养分投入不足和人民生活水平低下等,并将黄土高原水土流失区粮食生产分为黄土台塬中产区、黄土丘陵低产偏中区和长城沿线风沙丘陵低产区3个大区及11个亚区,这些分析对制定区域粮食发展策略和生态环境整治策略具有重要参考价值。

第一节 区域分布及特征

一、区域分布界定

按照地貌类型、土壤侵蚀程度、农业生产条件对黄土高原水土流失区进行界定,黄土高原水土流失区的区域分布为东起吕梁山,西达黄河干流上游兰州段以东,南临关中灌区,北至长城沿线,全区土地总面积27.68万平方公里。1995年,全区人口总数为2942.34万人,人口密度为每平方公里106.2人,行政区(表1-1)包括陕西省、甘肃省、宁夏回族自治区、山西省、内蒙古自治区等5省(区)20个地区(专署、市、盟)109个县(旗、市)。本区地貌类型主要为黄土高原沟壑、黄土丘陵沟壑与风沙丘陵,地形破碎,土壤侵蚀比较强烈,水土流失严重,农业生产以旱作农业为主,旱耕地占全区耕地总面积的87.8%。黄土高原水土流失区与其四周毗邻地区形成明显的区域分异,南部为渭河平原灌区与陇南山地,东部为汾河谷地

灌区、忻定盆地与大同盆地,北部为河套平原灌区与鄂尔多斯高原风沙区,西部为银川平原灌区、河西走廊灌区、湟(水)黄(河)灌区与甘南高原,这6个灌区与2个盆地,地势均较平缓,水土流失轻微,粮食生产多为灌溉农业或绿洲农业,粮田生产力较高。鄂尔多斯风沙区土壤侵蚀以风蚀为主,水蚀较轻,甘南高原地势高、植被良好、水土流失亦轻,农业生产多以牧业为主。陇南山地山势高耸,最高山峰的海拔超过4000米,粮食生产随山地海拔高度不同而有明显变化,呈现立体农业之特点。本区四周毗邻地区的这些特点与区内形成明显差异。

表 1-1 黄土高原水土流失区行政区域分布*

省、区	地、市	县(市、旗)
陕 西 (44个 县、市)	榆林	榆林、神木、府谷、横山、靖边、定边、绥德、米脂、佳县、吴堡、清涧、子洲
	延安	延安、延长、延川、子长、安塞、志丹、吴旗、甘泉、富县、洛川、宜川、黄龙、黄陵
	铜川	铜川、耀县、宜君
	宝鸡	宝鸡市、宝鸡、千阳、麟游、陇县
	咸阳	乾县、礼泉、永寿、彬县、长武、旬邑、淳化
	渭南	澄城、白水、合阳、韩城
甘 肃 (32个 县、市)	兰州	榆中县、兰州市
	白银	白银、会宁、靖远
	天水	天水、清水、秦安、甘谷、武山、张家川
	庆阳	庆阳、西峰、镇原、宁县、正宁、合水、华池、环县
	平凉	平凉、泾川、灵台、崇信、华亭、庄浪、宁静
	定西 临夏	定西、通渭、陇西、渭源、漳县 永靖
宁 夏 (8个 县、市)	固原	固原、海原、西吉、隆德、泾源、彭阳
	银川	盐池、同心
山 西 (20个 县、市)	忻州	神池、五寨、岢岚、河曲、保德、偏关
	吕梁	兴县、临县、柳林、石楼、方山、离石、中阳、交口
	晋中	吉县、乡宁、蒲县、大宁、永和、隰县
内 蒙 (5个 旗、县)	乌盟	和林格尔、清水河
	伊盟	东胜、准格尔旗、伊金霍洛

* 以1995年行政区域划分为准,其中凡县(市)级的延安均为现宝塔区,下同。

以上所述,黄土高原水土流失区分布区域,与1964年在西安召开的黄河中游水土流失重点区第三次水土保持会议确定的黄河中游水土流失100个重点县范围相近。1983年,国务院发出《关于黄河中游地区水土保持工作的重点》,其中,从河口镇到龙门10万平方公里的42个县是重点的重点,这些县是陕西省17个:榆林、神木、府谷、横山、靖边、绥德、米脂、佳县、清涧、吴堡、子洲、延安、延长、延川、子长、安塞、宜川;山西省18个:右玉、偏关、河曲、保德、兴县、神池、五寨、岢岚、临县、离石、中阳、石楼、隰县、永和、大宁、蒲县、乡宁、吉县;内蒙古自治区7个:清水河、和林格尔、卓资、凉城、准格尔、东胜、伊金霍洛。

1964年,黄河中游水土流失重点区第三次水土保持会议确定,将泾、渭、洛流域58个县列为黄河中游水土流失的重点县,使重点县由原来的42个增至100个,新增的58个县是陕西省29个:定边、吴旗、志丹、富县、洛川、黄陵、宜君、蒲城、白水、合阳、澄城、韩城、富平、耀县、三原、礼泉、乾县、永寿、长武、彬县、淳化、旬邑、宝鸡、凤翔、岐山、扶风、麟游、千阳、陇县;甘肃省25个:定西、通渭、会宁、渭源、陇西、庆阳、宁县、合水、正宁、环县、华池、镇原、平凉、灵台、泾川、崇信、庄浪、静宁、天水、甘谷、武山、秦安、清水、张川、漳县;宁夏回族自治区4个:隆德、西吉、泾源、固原。黄土高原水土流失区与1964年确定的黄河中游水土流失重点县相比较,新增加18个县,陕西省4个县(市):宝鸡市、铜川市、黄龙、甘泉;甘肃省7个县(市):兰州市、白银市、西峰市、榆中、永靖、靖远、华亭;山西省3个县:柳林、方山、交口;宁夏回族自治区4个县:彭阳、海原、盐池、同心。黄土高原水土流失区只向西北扩充了8个县(市):兰州市、白银市、榆中、永靖、靖远、盐池、同心、海原;其他10个县(市)均在黄河中游水土流失重点县分布区域内,有5个县市(宝鸡市、铜川市、甘泉、黄龙、华亭)在区内未列入重点,有5个县是从区内原有县分出新建制的县、市:西峰市、柳林、方山、交口、彭阳。黄土高原水土流失区较黄河中游水土流失重点县减少9个县,陕西省6个:三原、富平、蒲城、凤翔、扶风、岐山;内蒙古自治区2个县:卓资、凉城;山西省1个县:右玉。因为东北3县(卓资、凉城、右玉)不在黄土高原内,南部6县(三原、富平、蒲城、凤翔、扶风、岐山)灌溉面积扩大,农业生产接近关中灌区。

二、粮食生产持续发展面临的主要条件特征

1. 水土流失严重。土壤侵蚀模数为182吨/平方公里·年(黄龙县)到24700吨/平方公里·年(府谷县),地面年产沙总量19.99亿吨,为黄河流域主要产沙地域;沟壑密度1.30~7.01公里/平方公里;土壤有机质含量为6.2~12.1克/公斤,大多在10克/公斤以下,土壤日益瘠薄,粮食单产仅466.5~1755.0公斤/公顷。

2. 人民生活水平低下。据1995年统计,全区人均粮食为225.2公斤;人均纯收入174~692元,境内晋西、陕北、宁南、陇中均属全国低产贫困区。

3. 光温资源丰富。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温2527~3412 $^{\circ}\text{C}$,大部分地区高于2950 $^{\circ}\text{C}$;年日照时数2259~2924小时,大部分地区在2400小时以上,加之昼夜温差大,是发展经济作物的适宜地区。

4. 土地资源比较丰富。人口密度43~175人/平方公里,人均耕地0.22~0.52公顷,农业降水生产潜力只开发利用了25%~45%,每毫米降水的生产潜力可达5.7~12.6公斤/公顷,农业生产潜力很大。

5. 水资源短缺。降水区域分布差异大,年降水在300~650毫米之间,时空分布不均,7~9月的降雨总量占全年降雨量的50%~70%,个别年份达到90%。降水年际变化大,最大年和最小年可相差1倍以上。干旱灾害频繁,4~9月干旱频繁度大于40%;春旱频繁,频率达80%,伏旱频率在30%~40%,全区平均每2~3年发生一次较大干旱,水资源不足,易受干旱威胁,是该区长期存在的关键问题。

6. 养分投入不足,且利用率低下。全区化肥投入年均每公顷仅为82.5公斤,只及全

国平均数的 20%，化肥损失大，肥料利用率只有 30%。

因此，研究本区域农业生产潜力及持续增产技术体系，开展中低产田改造，改善并协调水—土—肥—作物的关系，加速环境治理，充分发挥农业资源的生产潜力，必将对加速本区域农业经济发展，消除贫困，对矿产能源的开发建设和国家经济布局的顺利转移，以及全国小康目标的如期实现均具有重要的意义。

第二节 粮食生产的环境分类

粮食生产是人类最基本、最原始的生产活动之一。随着人类发展和社会进步，粮食生产更是日益关系到国计民生，决定着社会发展的速率。由于粮食生产的植物生产特点加上受社会经济环境的制约，因此便构成了十分复杂的粮食生产环境。仅从大类上分，就有气候环境、土壤与地貌环境、社会经济环境，而在不同的类别内部，又有许多亚级因素，它们相互交织，共同作用，影响着粮食生产的可持续发展。

一、粮食生产的气候环境

气候是指一个地区常年出现的或特定出现的一种以降水、热量和温度为重要内容的自然现象，这种现象对粮食生产的发展有着重要的促进或严重的制约作用。在黄土高原水土流失区，气候资源环境对粮食生产既有有利的一面，也有不利的一面。

(一) 降水资源

降水支配自然景观、影响农业生产和关系人类活动最重要的气候要素之一，直接影响着作物的生长与发育。在黄土高原水土流失区，降水资源的显著特征是：一方面降水总量少，分布不集中。例如榆林多年平均降水 438.4 毫米，最多年为 697.2 毫米，最少年为 159.0 毫米，最多年为最少年的 4.4 倍，年际变率达 22.1%；就降水的年内分布看，夏季降水占 40%~65%，秋季占 20%~35%，春季占 12%~25%，冬季只占 1%~3%，十分不均，从而形成了本地区“冬干、春旱、夏多、秋少”的降水季节分配特点，对冬小麦等作物的越冬和春播作物的播种、出苗和生长发育等方面都极为不利。另一方面因地貌类型使有限的地表水资源难以通过人工措施应用于作物生长过程，致使粮食作物生长直接受制于降水资源的支配。但从另一角度看，水、热资源的年内分布基本与作物生长相同步，从而有利于降水资源的充分转化和运用，如在作物生长旺季，大于 10℃期间的降水量约占全年总降水量的 70%~90%，相对而言，这是降水资源在粮食生产上的有利一面。但与此同时，总量上的偏少和分布上的不均而引发出来的干旱却是本地区存在的普遍现象，也成为影响本区域作物生长的主要限制因子。由于雨量少，而农田蒸散量又较高（一般为降水量的 1.3~4.0 倍），因此，农田水分亏缺量达 3000~12000 毫米/公顷。加之年内、年际分配不均而使干旱的频次大、频率高，如延安、榆林的干旱频率分别为 40%和 60%，其中大旱的频率分别为 9%和 10%，这样就构成了粮食作物生产上的最为不利的气候因子之一。

此外，冰雹和暴雨也是降水资源中极为不利于作物生长的环境因子。冰雹是一种固态降水，它出现的范围小、时间短，但来势凶猛、强度大，并时常伴有雷雨大风，且多集中于夏

秋作物生长旺季(6~8月占年雹日数的22%~70%),对作物造成毁灭性损坏。暴雨是指24小时内降水量大于50毫米的降雨,虽在本地区发生不多,但因特殊的土壤类型与地貌特征,暴雨极易引发洪涝灾害,不仅作物难以吸收,而且造成人民财产的损失。

总体而言,由于降水资源偏少和分配不均而产生的干旱是黄土高原水土流失区对粮食作物生产产生严重影响的气象灾害,所造成的损失约占总产量损失的50%~60%。在干旱的困扰下,本地区粮食产量长期低而不稳,成为导致区域粮食发展难以实现自给、稳定增长的重要因素。

(二) 热量资源

热量是决定农业种植制度、影响作物品质、制约作物产量的又一重要的气候资源。就黄土高原水土流失区来看,气候环境的热量特征表现为:(1)气候温和,生长季较长,气温的年、日差较大。其平均气温在7.5℃~10℃之间,最热月(7月)平均为14℃~27℃,气温年较差为25℃~36℃,日较差10℃~16℃。这一特点构成了本地区适于种植多种粮食作物,同时由于温差较大的缘故,也使所种植的作物品质如大豆、谷子和玉米等明显优于其他地区,从而成为有关部门发展创汇农业的一个重要项目。(2)热量资源好,适于多种熟制(表1-2)。在区内的一些山体附近或中高地带,热量偏低,可一年一熟,但大部分地区热量区间较大,故适宜于一年二熟、二年三熟和一年一熟,属过渡地区。(3)冬季寒冷,不利于作物越冬和光能资源利用。在黄土高原水土流失区,冬季低于0℃的持续时间约为100~120天,使 $4.8 \times 10^8 \sim 15.2 \times 10^8$ 焦耳/平方米(约占年辐射的10%~25%)的太阳辐射总量资源不能为作物利用,降低了光能资源利用率。但与此同时,由于冬冷且长,使土壤最大冻结深度达25~150厘米,从而降低了秋季贮存于土壤中水分的蒸发,为秋雨春用创造了条件。在水分供给剖面,为年际分配进行了一定程度的自然调节,有利于春播作物下种出苗。热量资源对作物生长产生不利的瞬间因素是霜冻,即在作物生长期,由于温度的突然短时间下降导致作物受到冻害而影响作物生长,可分为初秋霜冻和春霜冻,前者的危害主要是大秋作物,如玉米、谷子、高粱、马铃薯等;春霜冻主要危害的是冬、春小麦的拔节,春玉米、豆类作物的幼苗,春霜冻出现愈迟,对作物的危害愈重。

表1-2 黄土高原水土流失区热量条件与农业种植制度

热量指数(℃)		种植作物	种植制度
≥0℃	≥10℃		
1500~2500	<1600	种植喜凉作物如春小麦、青稞、大麦、马铃薯等	一年一熟
2500~4000	1600~3500	种植喜温作物如玉米、大豆、高粱、谷、糜,也可种植春小麦、马铃薯、冬小麦等喜凉作物	一年一熟 二年三熟
>4000	>3500	种植喜温作物玉米、大豆、水稻、棉花等	一年二熟

(三) 光能资源

光能是地球表面最主要的能量,是大气中一切物理过程和现象的基本动力,是农作物进行光合作用、积累有机物质的能量源泉。就黄土高原水土流失区的光能资源来看,光能资源具有以下特点:

(1) 太阳辐射总量丰富,且集中于作物生长季节,大部分地区年太阳辐射能量在

5.5×10^8 焦耳/平方米左右,略低于我国的新疆地区($5.5 \times 10^8 \sim 6.5 \times 10^8$ 焦耳/平方米)和西藏地区($5.5 \times 10^8 \sim 8.0 \times 10^8$ 焦耳/平方米),高于国内其他地区,成为光能资源较为丰富的地区之一。加之在年内季节上的分布,有 64% 的光能分布于作物生长季节的 4~9 月,从而有利于粮食作物干物质的形成与积累。

(2) 光照时间长,光合潜力高。在黄土高原的大部分地区,因空中云量稀少而使日照时间较长,该区年日照时数多在 2000~3000 小时左右,如区内的几个主要县,米脂县为 2761 小时,安塞县为 2415 小时,离石县为 2592 小时,河曲县为 2856 小时,长武县为 2226 小时,日照百分率为 50%~75%。按照黄秉维先生提出的光合潜力计算公式: $Y_p = 22.215Q$,式中 Y_p 为光合生产潜力(公斤/公顷), Q 为总辐射能量,则年光合生产潜力可达 111~137.7 吨/公顷,大于 10℃ 期间的光合潜力亦达 60~75 吨/公顷,折合经济产量(经济系数按 0.35 计)为 21~26.25 吨/公顷,但由于水热条件限制以及作物品种、栽培技术等因素的制约,本地地区的实际产量远远未能实现这一理想产量。

二、粮食生产的土壤环境

土壤是作物生长的最基本的环境要素,土壤环境质量如何,直接关系着作物的生长发育,影响着作物根系的生长。土壤的环境质量要素主要为土壤类型、容重以及土壤肥力等,在黄土高原水土流失区,土壤类型主要有黑垆土和黄绵土,其中黑垆土是黄土高原水土流失区主要的地带性土类,与黄绵土交错分布。在丘陵坡地,由于长期强烈的侵蚀作用,其向黄绵土方向退化演变,最终形成侵蚀性黄绵土。土壤质地多为轻壤—中壤质地,耕性良好,土层深厚,蓄水保墒,一般 2 米土层可贮蓄 7500~9000 毫米/公顷水分,适种性广,对作物生长有良好的促进作用。

黄绵土是黄土高原广泛分布的土壤类型,其显著特征是疏松易耕,比重小,适耕期长,土壤有机质、全氮以及有效磷含量较低,亦即土壤肥力瘠薄,致使粮食生产的单位产出能力较为低下。加之由于其具有疏松、孔隙度大的特点,故而在较强降雨下,若未有植被覆盖,则极易造成较大的水土流失,损失表层中肥力含量较高的部分土壤,对作物生产造成不利影响。

与此同时,本地区土地面积广阔,人均占有量较大,使之在粮食生产上又成为最重要的资源投入之一。只要通过一定的措施,如修筑梯田、打筑坝地等,就可以创造更多的优良耕地,在这个意义上,可以为区域的粮食生产创造有利的环境条件。

三、粮食生产的地貌环境

黄土高原水土流失区地貌类型多样,有塬地、梁峁地、风沙地、谷坡地、谷底地、平川坝地等。在水土流失严重地区,其主要类型是梁峁坡地、裸岩梁峁地、小坎湾掌地和谷底地以及经过人工改造而形成的梯田。不同的地貌对作物生长的微观环境影响不同,同一地貌的不同位置对作物生长亦有差异,如峁地与谷底地,因所处形状不同以及由此衍生出来的许多差异而使作物生长状态存在差别。又同是坡地,阴坡与阳坡就有极大的环境差别,凡此等等,都形成对作物生产上的一定影响,从而对区域粮食供给产出形成一定的促进或者抑