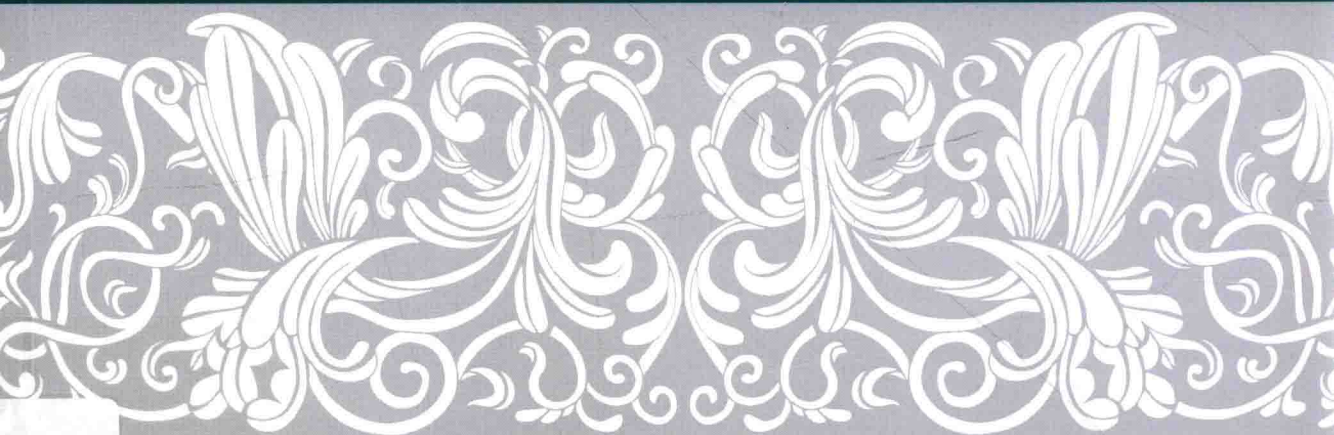




秦岭西段南北麓 主要作物种植

邓根生 宋建荣 主编

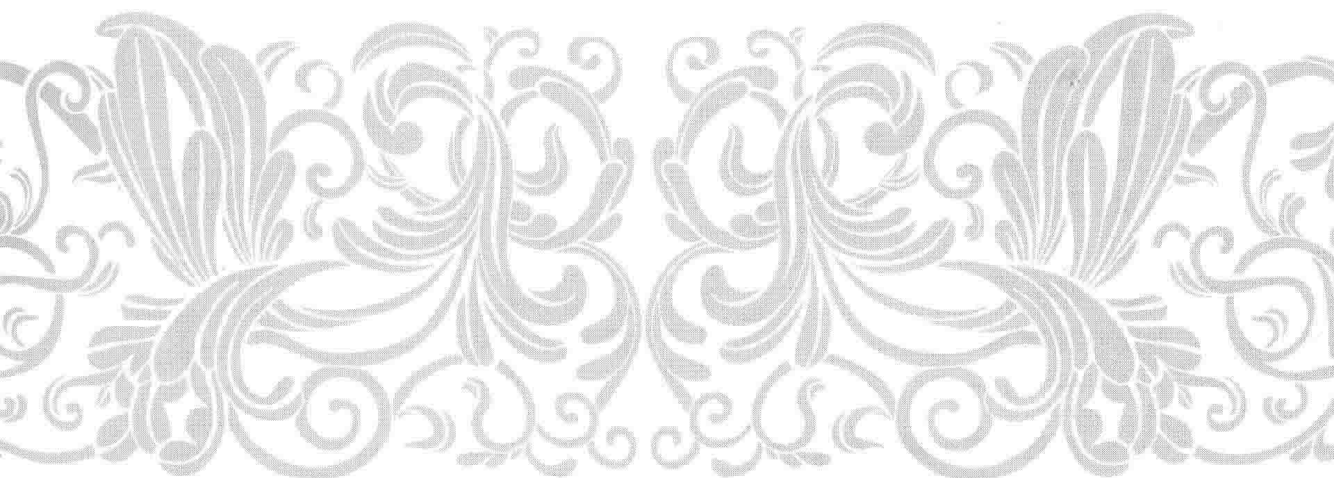


中国农业科学技术出版社



秦岭西段南北麓 主要作物种植

邓根生 宋建荣 主编



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

秦岭西段南北麓主要作物种植/邓根生, 宋建荣主编. —北京: 中国农业科学技术出版社, 2015. 3

ISBN 978 - 7 - 5116 - 1982 - 2

I. ①秦… II. ①邓… ②宋… III. ①秦岭—作物—栽培技术 IV. ①S31

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 009670 号

责任编辑 鱼汲胜 褚 怡

责任校对 马广洋

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106650 (编辑室)

(010) 82109704 (发行部)

(010) 82109709 (读者服务部)

传 真 (010) 82106624

经 销 者 各地新华书店

网 址 [http:// www. castp. cn](http://www.castp.cn)

印 刷 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787mm × 1 092mm 1/16

印 张 22.5

字 数 450 千字

版 次 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

定 价 69.00 元

版权所有 · 翻印必究

内 容 简 介

全书由 6 章组成。首先较完整地介绍了秦岭西段南北麓的自然条件和农业生产概况。之后以秦岭西段南北麓主要农作物为论述对象，先后以玉米、小麦、水稻、马铃薯及油菜为序，分章论述了它们在汉中地区及天水地区的农业生产条件，生产布局和生长发育，品种沿革，栽培技术，品质特点及环境胁迫的应对措施等。

本书适于农业科技工作者、农业管理干部、农业院校相关专业的师生阅读参考。

编委会

策 划 曹广才 (中国农业科学院作物科学研究所)

主 编 邓根生 (汉中市农业科学研究所)

宋建荣 (天水市农业科学研究所)

副主编 (按姓名的汉语拼音排序):

郝兴顺 (汉中市农业科学研究所)

吕 汰 (天水市农业科学研究所)

王胜宝 (汉中市农业科学研究所)

张耀辉 (天水市农业科学研究所)

编 委 (按姓名的汉语拼音排序)

谌国鹏 (汉中市农业科学研究所)

邓根生 (汉中市农业科学研究所)

郝兴顺 (汉中市农业科学研究所)

黄根宝 (天水市农业科学研究所)

颌炜清 (天水市农业科学研究所)

雷建明 (天水市农业科学研究所)

李 勤 (汉中市农业科学研究所)

李 英 (汉中市农业科学研究所)

李 云 (汉中市农业科学研究所)

刘 勇 (汉中市农业科学研究所)

龙德祥 (汉中市农业科学研究所)
吕 汰 (天水市农业科学研究所)
宋建荣 (天水市农业科学研究所)
孙晓敏 (汉中市农业科学研究所)
王凤敏 (汉中市农业科学研究所)
王俊义 (汉中市农业科学研究所)
王 鹏 (天水市农业科学研究所)
王胜宝 (汉中市农业科学研究所)
王晓娥 (汉中市农业科学研究所)
王永林 (汉中市农业科学研究所)
吴玉红 (汉中市农业科学研究所)
谢俊贤 (天水市农业科学研究所)
尹素芬 (汉中市农业科学研究所)
岳维云 (天水市农业科学研究所)
张成兵 (汉中市农业科学研究所)
张文明 (汉中市农业科学研究所)
张先平 (汉中市农业科学研究所)
张选明 (汉中市农业科学研究所)
张亚宏 (天水市农业科学研究所)
张 岩 (天水市农业科学研究所)
张耀辉 (天水市农业科学研究所)
张增川 (汉中市农业科学研究所)
赵尚文 (天水市农业科学研究所)
赵胜利 (汉中市农业科学研究所)
周 凯 (汉中市农业科学研究所)

前 言

中国幅员辽阔,气候类型复杂多样,以秦岭—淮河为界,形成中国南北生态分界线,“白马秋风塞上,杏花春雨江南”形象地描述了南北方的气候差异与文化差异。本书涉及的秦岭西段南北麓包括秦岭以南的汉中地区和秦岭以北的天水地区。秦岭南侧的汉江是长江水系的最大支流,秦岭北侧的渭河是黄河水系的最大支流,长江孕育了南方的“水稻文化”,黄河孕育了北方的“旱粮文化”。处于特殊地理位置的汉中地区和天水地区,其独特的农业生产布局不仅有其个性,也是南北方农业文化的一个小小的缩影。因此,全面、系统、认真地总结秦岭西段南北麓区域的农业科研和生产实践经验,不仅是农业科技工作和农业生产的迫切需求,且对于加强作物引育种交流,培养提高农业专业技术人员水平,促进南北麓区域的农业发展有着重要作用。据此,经中国农业科学院作物科学研究所曹广才研究员策划,甘肃省天水市农业科学研究所及陕西省汉中市农业科学研究所合作,共同撰写了《秦岭西段南北麓主要作物种植》一书。

《秦岭西段南北麓主要作物种植》一书共6章。主要以秦岭西段南北麓的农作物为研究对象,分章阐述了汉中地区及天水地区的农业生产条件,主要农作物玉米、小麦、水稻、马铃薯及油菜的生产布局和生长发育、品种沿革、科学栽培及环境胁迫的应对措施等。旨在为广大农业科技工作者、农业管理干部、农业院校相关专业的师生提供具有一定科学价值的参考。

参与本书编写的农业科技工作者,不仅有丰富的基层工作实践经验,也有扎实的理论基础,所以,本书在内容上注重基础理论和实践的紧密结合,既有基本理论、基本方法,也有实践经验、实用技术。同时,针对两区域的农业现状和发展方向,力求反映主要作物前沿性的研究成果及技术,如第三章第四节,针对小麦品质问题用基因型与环境互作的影响进行了更深层次的探讨,为本区域及同类区域小麦品质育种提供了很好的参考;又如第四章第三节第十小节,介绍了汉中地区目前正在探索发展的水稻直播栽培及机械化插秧等技术,从而引领了该区域水稻栽培变革的方向。希望此书的出版,能对促进秦岭西段南北麓现代农业发展起到积极的作用。

本书是集体编著的科技论著,在统稿过程中,尽量做到全书用词规范,体例统一。

参考文献按作者姓名的汉语拼音排序,同一作者的则依发表年代先后排序。英文文献排在中文文献之后。

此书编写过程中,参考了相关的科技文献和资料,在此谨对论文作者表示衷心的感谢!同时,对参编人员的辛勤努力及所在单位给予的大力支持表示由衷的谢意!

书中不当之处,敬请同行专家和读者批评指正。

邓根生

2014年11月26日于汉中

作者分工

前言	邓根生
第一章	
第一节	邓根生, 吴玉红, 王胜宝
第二节	郝兴顺, 吴玉红, 颜炜清
第二章	
第一节	王胜宝, 张增川, 李 云
第二节	李 勤, 黄根宝, 王永林
第三节	邓根生, 张增川, 王晓娥
第四节	郝兴顺, 龙德祥
第三章	宋建荣, 张耀辉, 岳维云, 赵尚文, 李 云
第四章	
第一节	王胜宝, 周 凯, 刘 勇
第二节	郝兴顺, 张文明, 赵胜利
第三节	周 凯, 赵胜利, 张先平
第四节	邓根生, 张选明, 王胜宝
第五节	王胜宝, 王俊义
第五章	吕 汰, 王 鹏, 刘 勇
第六章	
第一节	王胜宝, 孙晓敏, 张亚宏
第二节	邓根生, 谌国鹏, 雷建明
第三节	李 英, 王凤敏, 尹素芬
第四节	郝兴顺, 张成兵
全书统稿	曹广才

目 录

第一章 秦岭西段南北麓自然条件和农业生产	1
第一节 自然条件	1
第二节 农业生产概况	12
第二章 玉米种植	19
第一节 玉米生产布局和生长发育的环境效应	19
第二节 秦岭西段南北麓玉米品种沿革	27
第三节 栽培要点	35
第四节 环境胁迫及其应对	60
第三章 小麦种植	76
第一节 小麦生产布局和生长发育的温度效应	76
第二节 秦岭西段南北麓小麦品种沿革	83
第三节 栽培要点	91
第四节 小麦品质	110
第五节 环境胁迫及其应对	120
第四章 水稻种植	138
第一节 水稻生产布局和生长发育	138
第二节 秦岭西段南北麓水稻品种沿革	144
第三节 栽培要点	155
第四节 水稻品质	187
第五节 环境胁迫及其应对	198
第五章 马铃薯种植	213
第一节 马铃薯生产布局和生长发育	213

秦岭西段南北麓主要作物种植

第二节	秦岭西段南北麓马铃薯品种沿革	223
第三节	栽培要点	233
第四节	马铃薯品质	262
第六章	油菜种植	276
第一节	油菜生产布局和生长发育	276
第二节	秦岭西段南北麓油菜品种沿革	285
第三节	栽培要点	297
第四节	油菜品质	328

第一章 秦岭西段南北麓自然条件和农业生产

第一节 自然条件

一、中国南北地理与气候分界线

根据中国农耕史、农业生产布局和多学科多方面考证，中国南北地理与气候分界是秦岭—淮河一线。秦岭山地也是公认的中国重要的南北生态分界线，即亚热带和暖温带的分界线。但对该界线的具体位置分布，目前，主要有3种意见（康慕谊等，2007），即秦岭北麓、秦岭主脉（黄河水系与长江水系的分水岭）和秦岭南麓。秦岭生态分界线并不是一条简单的线，而是一条东西走向有宽有狭的过渡带，是一个生态交错带（张剑等，2012）。生态交错带对于环境变化较为敏感，一定区域的农业生产在大尺度上离不开气候水热条件与土壤等因素的影响，因此，秦岭地带性研究对区域大农业生产方向的确定有举足轻重的作用。秦岭山脉主要横跨陕西省。本书涉及的秦岭西段南北麓，包括秦岭以北的甘肃省东南部的天水地区和秦岭以南的秦巴山区（包括汉中盆地）。天水地区和汉中地区虽然不是中国的主要农业区，也未成为粮食主产区，但其气候、植被、土壤、土地利用具有多样性，农作物种类和布局各有特色，在国家农业生产中也占有一席之地。秦岭西段南麓的汉中地区地貌类型多样，但以山地为主，其中，低山占18.2%，高、中山占57.0%，丘陵占14.6%，平坝仅占10.2%，山地丘陵面积合计占汉中市土地总面积的89.8%。危锋（2012）运用1978—1998年耕地面积资料，利用主成分分析法，分析了汉中市耕地面积变化。1978—1998年汉中市总耕地面积呈持续下降趋势，其变化情况为耕地总面积从1978年的437.48万亩^①下降到1998年的374.15万亩，净减少63.33万亩。1998—2002年（蔡慧等，2007）为耕地面积急剧减少期，4年净减耕地68.53万亩，2002—2005年为耕地面积缓慢减少期，3年净减耕地2.37万亩。2008年以来，汉中在全市范围的低山丘陵、川道河谷地实施占补平衡项目，耕地面积有增加趋势，近年来，随着产业结构调整，“猪、药、茶、菜”产业占农业的比重逐年增加，粮食作物比重有下降趋势。2013年全年粮食

^① 1亩≈667m²，15亩=1hm²，全书同。

秦岭西段南北麓主要作物种植

作物种植面积 403.34 万亩，油料作物种植面积 124.67 万亩，中药材种植面积 129.47 万亩，茶叶种植面积 86.70 万亩，蔬菜种植面积 90.57 万亩，园林水果种植面积 56.30 万亩。

秦岭西段北麓的天水地区地貌差异也很明显，其中，东部、南部为山地，北部为黄土丘陵，中部为渭河河谷。因此，秦岭西段南北麓的气候、土壤、植被等方面各有特色。天水属于典型的农业城市，耕地面积的时空变化对天水的发展具有重要意义。孟敏等（2009）运用 1949—2007 年的天水市耕地面积及人口资料，利用主成分分析法和灰色数列预测模型分析了天水市耕地面积变化及未来变化趋势。1949—2007 年天水市的耕地面积变化呈分阶段波动式减少，主要包括两个阶段，第一阶段为 1949—1957 年，耕地面积略有增加，即从 1949 年的 628.26 万亩增加到 1957 年的 673.23 万亩；第二阶段为 1958—2007 年，耕地面积整体上呈减少趋势，耕地面积由 1957 年的 673.23 万亩减少到 2007 年的 574.05 万亩，减少幅度为 14.75%。2012 年天水耕地面积为 570.75 万亩，其中，粮食作物种植面积 467.61 万亩，经济作物及其他作物种植面积 100.82 万亩，是甘肃省的粮、油、菜、果的主要产区之一。1978—2012 年粮食作物面积呈波动减少，其中，小麦播种面积总体减少，玉米、马铃薯播种面积总体增加。伴随城镇化的发展及产业结构的调整，天水市的耕地面积仍将以减少趋势为主，预测到 2018 年天水市的耕地面积将减少到 568.43 万亩。

二、气候

（一）秦岭南北的气候总体差异

天水市属温带季风气候。城区附近属温带半湿润气候，苏城—立远一线以南为北亚热带气候。天水气候温和，四季分明，日照充足，降水适中，冬无严寒，夏无酷暑，春季升温快。年平均气温为 11℃，最热月 7 月平均气温为 22.8℃，最冷月 1 月平均气温为 -2.0℃。极端最高气温 38.2℃，极端最低气温 -17.4℃。年平均降水量 491.7mm，自东南向西北逐渐减少，南部亚热带林区年降水量为 800 ~ 900mm，中东部山区雨量在 600mm 以上，渭河北部不及 500mm，秋季多连阴雨。年均日照 2 100h，渭北略高于关山山区和渭河谷地，春、夏两季分别占全年日照的 26.6% 和 30.6%，冬季占 22.6%。

汉中属于亚热带气候，北倚秦岭、南屏大巴山，地势南北高，中间低，美誉“汉家发祥地，中华聚宝盆”。位于陕西省西南部，北有秦岭屏障，寒流不易侵入，全年气候温和湿润，夏无酷暑，冬无严寒。年平均气温 14℃，西部略低于东部，南北山区低于平坝和丘陵区。海拔 600m 以下的平坝地区年均气温在 14.2 ~ 14.6℃；一般海拔 1 000m 以上的地区年均气温低于 12℃；西嘉陵江河谷年均气温高于 13℃。汉中地区年平均相对湿度分布态势呈南大北小。汉江平坝、巴山山地平均相对湿度在 70% ~ 80%，秦岭山地平均相对湿度

在 73% 左右。

(二) 温、光、水条件的动态变化

1. 温度 秦岭南坡年平均气温 14.4°C ，北坡 12.3°C ；年平均最高温南坡 37.1°C ，北坡 37.0°C ；年平均最低温南坡 -6.5°C ，北坡 -12.1°C 。相关研究指出（李双双等，2012），近 50 年（1961—2009）秦岭南北气温变化整体一致，变化频率和周期具有同步性，秦岭两侧均以增温为主，暖化趋势较为明显。气温年际变化特征则表现为 20 世纪 60~80 年代中期气温波动下降，80 年代后气温出现大幅增加，2003 年后气温呈现下降趋势。总体而言，秦岭地区气温变化与全球气温变化规律相一致，变化驱动是自然因素和人类活动共同作用的结果，且在小尺度上人类活动干扰较为明显（主要体现在城市化进程对气温变化的影响）。

日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温是划分温度带的主要指标，对农业生产具有重要意义。1993 年之后秦岭地区日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的日数及其积温显著大于 1993 年之前，秦岭以北、秦岭南坡的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 日数平均较 1993 年前分别增加了 10d 和 8d。秦岭以北、秦岭南坡 1993 年之后的日平均气温稳定 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温分别较其前增加了 278°C 和 235°C ，且秦岭以北的积温增加较多，区域内所有观测站点均增加显著，秦岭南坡只有少数观测站点增加显著。秦岭南北最暖月为 7 月，最冷月为 1 月。最暖月气温影响喜温植物（特别是喜温农作物）的分布范围，最冷月和极端最低气温则决定着地带性植物能否正常生长和越冬，因此，最暖月、最冷月和极端最低气温是划分温度带的主要辅助指标。周旗等（2011）研究表明，1951 年以来，秦岭南北 7 月平均气温呈现上升趋势，但这一趋势并不明显，1993 年以后的 7 月气温平均值较 1993 年前高，但是也并不显著。总体而言，秦岭南北最暖月 7 月平均气温呈增加趋势，但是趋势并不明显。最冷月 1 月平均气温的趋势性变化却较明显，秦岭以北 1985 年以后的 1 月平均气温平均较 1985 年前高 0.92°C ，秦岭南坡 1985 年以后的 1 月平均气温平均较 1985 年前高 0.77°C 。总体上，自 1985 年以后秦岭以北 1 月平均气温上升较为明显，自北向南呈逐渐递减的趋势。秦岭以北极端最低气温在 1985 年之后出现了微弱的下降趋势，秦岭南坡却出现上升趋势，1985 年之后秦岭以北、秦岭南坡的极端最低气温分别较之前增加 1.53°C 和 1.43°C 。

2. 光照 光照是气候形成的重要因素，是太阳辐射最直观的表现。日照时数空间分布、光合有效辐射空间分布及时空变化均对农业生产具有重要意义。

(1) 日照时数 秦岭地区多年平均日照时数为 1 838.7h，空间分布呈东北向西南递减即秦岭以北日照时数大于秦岭以南。蒋冲等（2013）研究表明，秦岭北坡年平均日照时数为 2 156.5h，其中春季 590.8h、夏季 634.0h、秋季 472.4h、冬季 455.6h；秦岭南坡年平均日照时数为 1 938.0h，其中，春季 521.8h、夏季 584.0h、秋季 421.9h、冬季 406.0h。

季节尺度上,也是呈东北—西南方向分布,四个季节占年日照总量的百分比分别为春季 26.7%、夏季 31.9%、秋季 21.9%、冬季 19.3%,即四个季节平均日照时数表现为夏季 > 春季 > 秋季 > 冬季,且四季均以秦岭以北的日照时数大于秦岭以南。秦岭南北日照时数年变化趋势较为一致,呈下降趋势,且秦岭以南的广大地区相对于秦岭以北日照时数下降更明显。春季日照时数空间变化在 $-1.8 \sim 2.7\text{h}/10\text{a}$,以上升趋势为主,夏季呈下降趋势变化为 $-6.4 \sim 0.07\text{h}/10\text{a}$,秋季变化不明显,冬季呈下降趋势变化在 $-5.6 \sim 0.5\text{h}/10\text{a}$ 。日照时数的变化是气候因素和人类活动综合作用的结果。蒋冲等(2013)依据 1960—2011 年秦岭南北 47 个气象站逐月日照时数、温度、风速和降水等气象要素数据分析指出,影响秦岭南北坡日照时数的主要气候因子是风速和降水,人为因素主要是城市化进程的加快。日照时数与风速呈正相关关系即风速明显下降的区域相应日照时数也显著下降,风速变化较小则日照也波动较小。日照时数与降水呈负相关关系,日照时数和降水年际间变化较大,即降水多的年份日照短,降水少的年份日照长。

(2) 光合有效辐射 光合有效辐射指波长介于 $400 \sim 700\text{nm}$,能够被植被通过光合作用利用的这部分太阳辐射,是植物生长所需的重要能量来源,对农业生产具有重要作用。秦岭南北地区多年平均光合有效辐射总体呈现北高南低的空间分布格局(蒋冲等,2013)。秦岭以北年平均光合有效辐射为 $24.40\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,秦岭以南为 $22.72\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。季节尺度上,光合有效辐射空间分布规律与年际变化基本一致,也是北部高、南部低。春季秦岭南北坡光合有效辐射分别为 $27.51\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $30.00\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,夏季分别为 $30.57\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $32.54\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,秋季分别为 $18.17\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $19.76\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$,冬季分别为 $14.73\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 和 $16.08\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ 。1960—2011 年秦岭南北地区年际光合有效辐射呈显著下降趋势,秦岭南坡光合有效辐射变化倾向率为 $-0.42\text{mol}/10\text{a}$,秦岭以北为 $-0.36\text{mol}/10\text{a}$,下降速率由南向北呈递减趋势,季节光合有效辐射变化趋势为春季整体上微弱上升,秦岭以北上升速度为 $0.12\text{mol}/10\text{a}$,秦岭南坡上升速度为 $0.11\text{mol}/10\text{a}$;夏季呈下降趋势,秦岭以北下降速度为 $-0.91\text{mol}/10\text{a}$,秦岭南坡下降速度为 $-1.12\text{mol}/10\text{a}$;秋季也以下降趋势为主,秦岭以北下降速度为 $-0.21\text{mol}/10\text{a}$,秦岭南坡下降速度为 $-0.29\text{mol}/10\text{a}$;冬季呈下降趋势,秦岭以北下降速度为 $-0.48\text{mol}/10\text{a}$,秦岭以南下降速度为 $-0.43\text{mol}/10\text{a}$ 。季节尺度上,各季节整体变化趋势为,春季呈现不显著的上升趋势,且秦岭以北高于秦岭以南,其余季节按光合有效辐射下降速率大小排序依次为:夏季 > 冬季 > 秋季。1960—2011 年光合有效辐射的年际变化特征为,秦岭南北坡变化趋势较为一致,即秦岭南北坡光合有效辐射显著下降,由南向北,由东向西下降速率递减,89% 的站点年光合有效辐射下降,春季光合有效辐射上升和下降的站点各占约 50%;夏季秦岭南北坡所有站点减小,且秦岭南坡下降尤为明显;秋季

79%的站点下降；冬季光合有效辐射显著下降，且秦岭以南区域下降趋势尤为明显。1960—1970年秦岭南北坡光合有效辐射相对偏高，而1980—2000年是光合有效辐射最小的20年。蒋冲等（2013）分析指出，风速下降、城市化进程加快以及工业废弃物排放导致的气溶胶增多是秦岭南北坡光合有效辐射显著下降的主要原因，空气中的水汽和其他污染物扩散较慢，导致近地表气溶胶浓度增大，空气透明度降低是光合有效辐射显著下降的主要原因，而火山爆发引发的气溶胶增加则是光合有效辐射波动的主要原因。

3. 降水

（1）径流 径流是水文过程的重要环节，径流变化对秦岭南北坡环境变化有重要意义。汉江是秦岭南侧长江水系的最大支流，发源于宁强五丁山，自西向东流经宁强、勉县、南郑、汉台区等县（区），在湖北省武汉市汇入长江。渭河则是秦岭北侧黄河水系的最大支流，发源于甘肃省渭源县，由西向东横贯关中平原，流经宝鸡、咸阳、西安、渭南等市，至潼关港口汇入黄河。查小春等（2002）研究表明，在1935—1999年的65年间，渭河的年平均流量为 $248.26\text{m}^3/\text{s}$ ，汉江的年平均流量为 $592.94\text{m}^3/\text{s}$ ，汉江年平均流量是渭河的2.4倍。1935—1999年的65年间，汉江最大年径流量为 $1300\text{m}^3/\text{s}$ ，渭河最大年流量为 $593\text{m}^3/\text{s}$ 。年径流深是河水径流总量平铺在流域面积上的平均水深。汉江的多年平均径流深为 453.7mm ，而渭河径流的多年平均径流深为 232.6mm ，汉江几乎是渭河的2倍，说明秦岭南侧气候环境比北侧湿润。降水是地表径流的主要补给来源，因此，径流量随降水变化而变化。据分析，秦岭南北两侧径流的年内变化基本与季节性降水特征相吻合，即夏季为丰水期，冬季为贫水期。渭河年径流量的61%集中在多雨的7~10月，最大月径流量多出现在9月，其次是7月，分别占年径流量的19.4%和13.6%。汉江的径流量季节变化更为明显，从每年4月开始显著增加，11月以后显著减少，年径流量的50%以上集中在7~9月，最大月的径流量占年径流量的16%~20%。秦岭南北两侧径流年际变化则表现为11月至翌年2月为退水期，径流量平稳下降，变化很小；3~5月为径流量渐增期，6月正值初夏，降水稀少，且气温急剧上升，蒸发旺盛，在此时易出现枯水；7~10月为洪水期，此时，径流量在一年中最大。秦岭南北河流汛期长短也存在分异，秦岭以北河流有春汛、夏汛和秋汛之分。春汛多出现在3月底，由于冬季积雪较少，所以，春汛河水流量很小，持续时间较短，一般不超过10d，夏汛多出现在7~8月，由于此时段降水最多，径流量较大，易出现夏汛，秋汛则主要受秋雨的影响，所以，渭河流量具有双峰型的特点。汉江春汛不如渭河明显，汛期较晚，年降水量大部分集中在7~10月，占全年60%以上，这是汉江最突出的特点，其中，9月降水量最大，占全年20%以上，7月次之，8月略小。

河流泥沙是判断水土流失的主要指标。河流含沙量与输沙量年内分配与径流量年内分

配相似,河流泥沙主要产生在暴雨径流过程中,尤其在夏季暴雨洪水期含沙量最多,河水经常浑浊。查小春等(2002)研究表明,汉江泥沙量最大值出现在6~9月,而冬春季由于少雨雪,河水基本依赖地下水或高山融雪补给,此时段,河水多清澈见底,含沙量较低,因此,汉江具有泥沙年内不均匀的特点。秦岭以北是著名的黄土区,水土流失较为严重,致使秦岭以北的渭河输沙率和含沙量远大于秦岭以南的汉江。1935—1999年汉江河流的年平均含沙量仅为 $0.88\text{kg}/\text{m}^3$,而渭河河流的年平均含沙量却高达 $52.03\text{kg}/\text{m}^3$,几乎是汉江的60倍。1935—1999年汉江河流年均输沙量仅为0.19亿t,而渭河的年均输沙量为3.77亿t,渭河是汉江的19.9倍;汉江年均输沙率为 $0.59\text{t}/\text{s}$,渭河的年均输沙率为 $11.96\text{t}/\text{s}$,渭河是汉江的20.3倍,说明渭河是一条多泥沙河流。

(2) 降水 受东亚季风影响,秦岭邻近地区降水主要集中在夏秋两季,秋季降水占全年总降水的百分率高是秦岭地区降水最为明显的特征之一,气象灾害也多发生在这一时段。连阴雨作为秦岭地区秋季典型降水天气过程,具有持续时间长,雨量大,暴雨站次多的特点(方建刚等,2008)。秦岭以北降水呈典型的纬向分布特征,且降水量由北向南逐渐增多;秦岭以南则呈径向递减,形成一个呈西南—东北走向的带状区域。季节尺度上,秋季降水占全年总降水的百分率高是秦岭地区降水最为明显的特征。秦岭地区秋季降水占全年总降水的22%~28%,降水量为200~300mm,降水量分布总趋势是由南向北而递减。秦岭地区秋季年平均有2次连阴雨,其中,近50%的连阴雨持续时间为4~6d,25%的连阴雨持续时间为7~10d,25%的连阴雨持续时间为10d以上。秦岭以南秋季多年平均雨日为26~30d,北侧则为20~24d,且多持续4d以上的连阴雨天气。旱涝是较为常见的灾害类型,长期困扰着农业生产。李敏敏等(2013)依据1961—2010年秦岭南北59个气象站逐月降水数据分析了秦岭南北旱涝变化趋势,结果显示近50年来,年尺度上秦岭南北旱涝变化趋势为总体向旱的方向发展,秦岭南北的旱涝等级变化,无论从步调上还是趋势上都基本一致。秦岭以北旱涝等级年代波动幅度小于秦岭以南,暖干化程度则是秦岭以北大于秦岭以南。近50年来,秦岭南北降水变化大致经历了四个时期:20世纪60年代、70年代属正常期,大部分年份在正常值内波动;80年代属湿润期,10年中出现5次中等湿润、2次严重湿润和1次极端湿润事件;90年代以来,1991—2002年属于干旱期,期间干旱事件频发,极端干旱事件出现了6次;2003—2010年为过渡期,经历了2003年的严重湿润事件后,干旱情况有明显好转。

冯彩琴等(2011)分析了1961—2007年陕南地区降水变化特征,多年平均降水量为743.7mm,年际变化特征表现为,47年来,降水总体上呈减少趋势且波动变化较大,变化趋势率为 $-2.9\text{mm}/10\text{a}$ 。20世纪90年代之前,降水量比较丰富,但是年际波动性较大,90年代之后,降水量偏少,除2003年降水量较大(950.9mm)以外,有68%的年份低于

平均水平（平均降水量为 718.5mm）。季节性降水特征为降水主要集中在夏季，夏季降水量占全年降水量的 47% 左右，四季多年平均趋势表现为春季和秋季降水在减少，夏季和冬季降水在增加，其年际变幅表现为夏季 > 秋季 > 春季 > 冬季，并且减少的幅度大于增加的幅度，总体上降水量仍表现为减少的趋势。90 年代之前，春季降水量较丰富，而 90 年代之后明显进入枯水期，秋季降水在 1986 年之后明显减少，春季秋季降水的变化趋势分别为 -3.6mm/a 和 -7.6mm/a ；夏冬季降水的变化趋势分别为 12.7mm/a 和 3.2mm/a ，夏冬季的降水年际变化程度均较大，尤其是冬季变率更大，降水的年内分配更加不均匀，干旱趋势加剧。总体春季和秋季降水减少，夏季和冬季降水增加，减少量大于增加量，导致春旱和秋旱加剧。

天水位于欧亚大陆的暖温带半湿润半干旱过渡带，由于地形复杂，降水的地域差异十分显著。根据农业气候区划，天水地区可划分为 3 个不同气候区，即高寒半湿润山区；藉河、渭河谷川区；渭北干旱山区。大气降水在 20 世纪 60—80 年代 3 个气候区年平均量在 470 ~ 594mm，且降水主要集中在夏季，降水量分别占年降水量的 51%、46%、50%；秋季次之，为 27%、29%、27%；春季分别为 19%、22%、20%；冬季在 2% ~ 3%，属干燥气候。全市除渭北大部地区年降水量不足 500mm，属半干旱区，其他地区属半湿润或湿润气候区，有保证植物生长的良好气候条件。80 年代多出现秋旱，全市气候形成了藉河、渭河谷川干旱与半干旱气候过渡区，西北部干旱或半干旱区，东南部较湿润区，总体上形成了干旱相对比较集中的农业气候背景。90 年代以来，天水气候发生了明显变化，即降水量减少，少雨时段和干旱时段明显延长，跨年度干旱成为 90 年代的主要气候特征。90 年代天水平均降水量 404 ~ 515mm，较常年偏少 13% ~ 20%，其中，春旱 4 年，春末夏初旱 7 年，伏旱 6 年，伏秋旱 5 年，秋旱 6 年，作物生长季累积总旱段 34 次，占 60—90 年代总旱段的 83%，春、夏、秋三季连旱造成河谷川区以北地区重旱长达 6 年，干旱使农业产量大幅度下降，农业损失惨重。

（三）气候变化对农业生产的影响

农业直接受制于气候变化和气候要素，是气候变化最敏感的领域，因此，气候变化对农业生产影响较大。在全球变暖背景下，极端干旱发生频率有不断增加的趋势，秦岭作为中国南北地区的地理及气候的分界线，其两侧的气候差异明显，同时，南北两侧农业对气候变化也最为敏感。

1. 秦岭西段南麓汉中气候变化对农业生产的影响 秦岭西段南麓的汉中地区地形复杂，农作物种类和种植方式复杂多样。主要农作物有水稻、小麦、油菜、玉米、马铃薯等，以一年两熟制为主，是典型的雨养农业区。降水量和气温是影响汉中农业生产的主要气候驱动因子，“暖湿型”的气候有利于农业生产，“冷干型”的气候则对农业生产最为