

# 甘肃寒旱农业生产现状及未来研究方向

张绪成<sup>1,2</sup>, 方彦杰<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃省农业科学院旱地农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省旱作区水资源高效利用重点实验室, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 为了理清对寒旱农业的认识和界定, 明确寒旱农业当前的发展态势和未来发展方向, 通过调研大量资料, 以甘肃省为例, 明确了寒旱区的分布及自然特征, 探讨了寒旱农业的概念和内涵。从土壤类型及耕地质量水平、作物种植结构及生产水平、机械化水平、土地经营方式、社会化服务水平等方面阐释了寒旱农业现状; 从生境因素、土壤因素、区域结构布局、投入水平、技术支撑等方面分析了寒旱农业存在的问题。提出了寒旱农业未来要在绿色覆盖、流域生态、种养循环模式下, 充分集成设施化、机械化、智能化、数字化等手段, 重点研究绿色覆盖、土壤定向培育、土壤有机质快速提升、智慧化集雨农业、旱作智慧农业决策平台、智能养分产品应用、作物种植制度优化设计等关键技术和策略。

**关键词:** 寒旱农业; 生产现状; 农业现代化; 科技创新; 研究方向; 甘肃省

**中图分类号:** S181 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-2172(2022)01-0012-07

**doi:** 10.3969/j.issn.2097-2172.2022.01.003

## Current Agricultural Production Status and Research Direction in the Future in Cold and Arid Regions of Gansu Province

ZHANG XU Cheng, FANG YanJie

(1. Institute of Dry-land Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Key Laboratory of High Water Utilization on Dryland of Gansu Province, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** To unify the understanding and definition and to summarize the development status and direction of cold and arid agriculture, based on the realities of Gansu Province, natural features and distribution of cold and arid regions were determined, and the concept and connotation of cold and arid agriculture were discussed in this paper through literature. Current agricultural production status in cold and arid regions was elucidated in terms of soil types and quality, planting structure and productivity, mechanization level, land management, and socialized service level. Present problems in cold and arid agriculture were analyzed from the aspects of habitat factor, soil factor, planting structure, input level and technical support. It was proposed that future cold and arid agriculture should be developed under the mode of green coverage, watershed ecology and crop-livestock farming cycle with technical means such as facilities, mechanization, intelligence and digitalization fully integrated, and key technologies and production strategies such as green coverage, directional soil cultivation, rapid improvement of soil organic matter, intelligent rain-harvesting agriculture, intelligent dry farming decision-making platform, intelligent nutrient product application, and optimized design of crop planting system studied particularly.

**Key words:** Cold and arid agriculture; Production status; Agricultural modernization; Technical innovation; Research direction; Gansu Province

甘肃是中国农耕文明的发祥地、古丝绸之路的大通道、“一带一路”农业合作先行区<sup>[1-2]</sup>。“寒”和“旱”是甘肃农业发展最大的制约和瓶颈, 也是最突出的气象特征<sup>[3-5]</sup>。习近平总书记在视察甘肃时指出:“甘肃光照充足、气候干燥, 昼夜温差大, 非常适合发展现代特色农业, 要在规模化、集约化、产业化方面下功夫, 发展高附加值的节水农

业、旱作农业、设施农业”。甘肃省委省政府提出发展特色“现代丝路寒旱农业”(以下简称“寒旱农业”)<sup>[6-7]</sup>, 即充分挖掘高寒干旱气候条件下农业生产的资源潜力, 充分集成设施化、机械化、智能化、数字化等现代技术手段, 探索具有“现代”方向引领、“丝路”时空定位、“寒旱”内在特质的新时代农业发展道路<sup>[8-9]</sup>。寒旱农业不仅是对甘肃省农业

收稿日期: 2022-09-13

基金项目: 国家自然科学基金(31960398); 国家重点研发计划(2021YFD1900700); 甘肃省科技重大专项(20ZD7NA007)。

作者简介: 张绪成(1973—), 男, 甘肃民勤人, 研究员, 博士, 主要从事旱地作物栽培与生理生态研究工作。Email: gszhangxuch@163.com。

生境的准确定位, 更是对农业生产特色的精准认识, 是甘肃省发展现代农业必须把握的基本准则。

近年来, 甘肃省落实农业绿色发展和高质量发展的要求, 全力推动寒旱农业发展, 以“牛羊菜果薯药”六大产业为主导, 培育壮大了“独一份”“特别特”“好中优”“错峰头”等一系列的特色优质“甘味”农产品<sup>[10-11]</sup>。2020年“牛羊菜果薯药”六大特色产业增加值达753亿元, 占农业增加值的60.9%, 较“十二五”末提高9.2个百分点; “甘味”农产品全产业链产值达到3239.6亿元, 优势特色产业农民人均收入达到7731元<sup>[9, 12]</sup>。全省优势特色产业产业面积达到291.5万hm<sup>2</sup>, 高原夏菜生产位居全国首位, 苹果、马铃薯、中药材生产均位居全国第2位, 羊生产居全国第3位, 牛生产居全国第9位。发展寒旱农业对探索现代农业新路、增强农业竞争能力、促进农民持续增收、推动农业产业跨越发展意义重大<sup>[13-15]</sup>。然而, 目前大家对寒旱农业的认识还不统一, 对其界定还存在一些不同的看法, 尤其是对寒旱农业当前发展的态势及其存在问题、未来发展方向及其科技创新突破口还不够明晰<sup>[16-18]</sup>, 我们在调研大量资料的基础上, 依据甘肃省农业发展特征和农业发展的基本规律, 提出了寒旱农业未来发展和科技突破方向, 以期对寒旱农业产学研用协同发展提供参考。

## 1 寒旱农业的内涵

### 1.1 寒旱农业的概念

2019年1月, 甘肃省十三届人民代表大会第二次会议期间, 时任省长唐仁健在《甘肃省政府工作报告》中首次提出甘肃发展“寒旱农业”, 是立足于实际对甘肃特色农业基本形态的最新概括和明确定位。寒旱农业实际是对农业生产环境特点和生产方式的高度概括, 既包括了旱区和寒区, 也有寒、旱重叠区。就农业生产方式而言, 旱区即旱作区, 亦即雨养农业, 而寒区则只是生境概念。因此, 寒旱农业即是对生境特点的界定, 也涵盖了农业生产方式<sup>[11]</sup>。经过3a的理论研究和生产实践, 甘肃省将寒旱农业定义为“运用现代技术装备和管理方式改进生产经营方式, 抢抓和深挖‘一带一路’战略机遇和市场潜力, 积极探索和大力发展适宜寒旱地区气候特征、具备绿色、优质、高效等特色”的具有一定比较优势的新型农业发展模式<sup>[19-20]</sup>。

### 1.2 寒旱农业的分布

甘肃省地处黄土高原、青藏高原、内蒙古高原三大高原与西北干旱区、青藏高寒区、东部季

风区三大自然区域的交汇地带, 南北涵盖陇南山地、中东部黄土高原、甘南高原、河西走廊、祁连山脉、河西走廊以北地带等六大生态区, 从东南到西北包括了北亚热带湿润区到高寒区、干旱区的各种气候类型。境内地形复杂, 山脉纵横交错, 海拔相差悬殊, 高山、盆地、平川、沙漠和戈壁等兼而有之。多样的地形地貌和气候条件, 使全省农业总面积的95%以上处于“寒旱”区<sup>[21-27]</sup>。甘肃寒旱农业区划可分为旱区、寒区和寒旱交替区等3个区域。其中旱区主要分布在中部旱作区的白银市会宁县、兰州市榆中县、定西市和天水市北部部分县以及陇东旱作区的平凉市、庆阳市; 寒区主要分布在甘南州及祁连山脉等高寒牧区。寒旱交替区主要分布在沿黄灌溉农业区, 包括中部寒旱交替区的临夏州、兰州市(除榆中县)、白银市(除会宁县)和兰州新区, 以及河西走廊寒旱交替区的酒泉市、嘉峪关市、张掖市、金昌市和武威市部分县区。

### 1.3 甘肃寒旱农业区的自然资源特征

甘肃省包括高寒区、干旱区的各种气候类型<sup>[28-30]</sup>, 年平均气温0~10℃。河西走廊年平均气温为4~9.5℃, 祁连山区0~6℃, 陇中地区和陇东地区分别为5~9℃和7~10℃, 甘南地区2~7℃。年均降水量300mm左右, 自东南部向西北部减少, 介于42~760mm; 降水各季分配不均, 主要集中在6—9月。人均水资源和单位面积平均水资源分别为1077m<sup>3</sup>和5670m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 仅为全国平均水平的1/2和1/4, 属我国严重的缺水地区。但甘肃省光照充足, 光能资源丰富, 年均日照时数为1700~3300h, 自东南向西北增多。

## 2 甘肃寒旱农业生产现状

### 2.1 土壤类型及耕地质量现状

甘肃省地质构造复杂, 造成了土壤类型的复杂多样(表1)<sup>[31-32]</sup>。旱区主要以黄绵土、黑垆土、灰钙土、红黏土为主, 有机质、氮素贫乏, 有效磷含量低、土壤肥力低, 干旱缺水、土壤水分不足, 部分耕地水土流失严重。陇东旱区主要为黑垆土, 为肥力水平较高的旱作土壤, 适种作物广, 增产潜力大, 具有很好的农业生产性状。甘南及祁连山脉寒区主要以栗钙土、灰褐土、褐土为主, 因气候寒凉, 宜作为林、牧用地。寒旱交替区主要以灰漠土、灌淤土和潮土为主, 有稳定的灌溉水源和充足的光热, 土壤有机质含量低, 盐分含量高, 保肥保水性差。甘肃寒旱区土壤类型养分的表现为有机质和全氮含量处于缺乏状态, 土

表 1 甘肃寒旱区土壤类型

区域	土壤类型	自然资源特点
旱区	中部旱作区	黄绵土、灰钙土 海拔 1 500 ~ 1 800 m, 年均气温 5 ~ 9 °C, $\geq 10$ °C 积温 2 900 ~ 3 800 °C, 年均降水量 300 ~ 550 mm。
	陇东旱作区	黑垆土、红黏土 海拔 900 ~ 2 500 m, 年均气温 7 ~ 10 °C, $\geq 10$ °C 积温 3 000 ~ 3 900 °C, 年均降水量 350 ~ 600 mm。
寒区	甘南州寒区	栗钙土、褐土 海拔 2 300 ~ 2 800 m, 年均气温 2 ~ 7 °C, $\geq 10$ °C 积温为 1 000 ~ 2 500 °C, 年均降水量 250 ~ 380 mm。
	祁连山寒区	灰褐土、灌漠土 海拔 2 650 ~ 3 200 m, 年均气温 0 ~ 6 °C, $\geq 10$ °C 积温为 1 000 ~ 2 400 °C, 年均降水量 350 ~ 500 mm。
寒旱交替区	中部寒旱交替区	灰漠土、灰钙土 海拔 1 600 ~ 2 200 m, 年均温度 0 ~ 9 °C, $\geq 10$ °C 积温 1 865 ~ 3 000 °C, 年均降水量 200 ~ 350 mm。
	河西走廊寒旱交替区	灰漠土、灌淤土 海拔 1 000 ~ 2 000 m, 年均温度 4.0 ~ 9.5 °C, $\geq 10$ °C 积温 3 000 ~ 4 000 °C, 年均降水量 100 ~ 220 mm, 年均蒸发量 2 000 mm 以上。

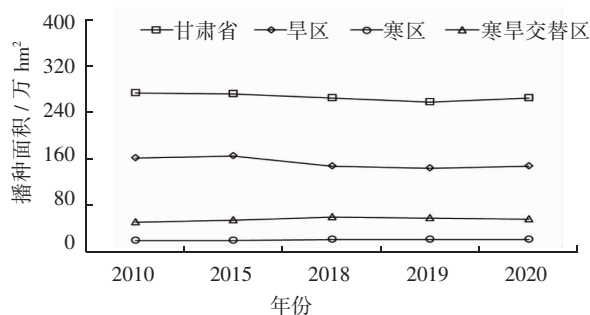
壤全磷含量属于中等水平, 全钾含量较为丰富, 碱解氮含量普遍缺乏, 有效磷含量属于中等水平, 速效钾含量较为丰富。

## 2.2 土地经营方式

据《甘肃省第三次全国农业普查资料》, 2016 年甘肃省通过转包、转让、租赁和委托等方式流转耕地面积 37.0 万  $\text{hm}^2$ , 占农作物播种面积的 9.8%, 其中寒旱交替区为 14.9 万  $\text{hm}^2$ , 旱区和寒区为 7.5 万  $\text{hm}^2$  和 7.6 万  $\text{hm}^2$ , 分别占农作物播种面积 3.3%、22.4%、15.6%。旱区参与土经营权转化的合作社最多, 为 3 323 家, 占总量的 36.8% (表 2)。如在典型的寒旱交替区酒泉市(除肃北县、阿克塞县), 农户参加新型农业经营组织的形式主要以公司 + 农户为主, 比重占 22.8%; 其次为合作社, 比重占 5.7%; 95.6% 的流转耕地主要用于

表 2 甘肃寒旱区土地经营情况

区域	流转耕地面积 / (万 $\text{hm}^2$ )	参与土地经营权转化合作社 / 个			
		全部	土地经营完全转移合作社	仅提供技术服务合作社	2 种方式都有
甘肃省	37.0	9 036	3 692	3 748	1 598
旱区	7.5	3 323	1 406	1 351	567
寒区	7.6	1 065	463	402	201
寒旱交替区	14.9	2 645	1 042	1 128	475



制种玉米、蔬菜等种植<sup>[33-35]</sup>。

## 2.3 作物生产现状——以小麦、玉米、马铃薯为例

农作物播种面积表现为旱区 > 寒旱交替区 > 寒区。与 2010 年相比, 2018—2020 年甘肃省农作物播种面积增加 1.3%~5.5%, 旱区面积降低 9.3%~12.5%, 寒区和寒旱交替区分别增加 10.9%~14.7% 和 11.9%~15.2% (表 3)。2018—2020 年粮食作物播种面积较 2010 年下降 2.9%~5.5%, 其中旱区下降 9.3%~11.4%, 寒区和寒旱交替区分别增加 0.6%~6.5% 和 7.1%~13.7%, 但不同区域粮食作物平均产量均增加, 分别为 17.6%~21.1%、12.1%~18.7%、14.8%~21.1%、14.0%~16.5%, 增加显著 (图 1)。

表 3 甘肃寒旱区农作物播种面积 万  $\text{hm}^2$ 

年份 / 年	甘肃省	旱区	寒区	寒旱交替区
2010	372.6	218.1	31.3	88.3
2015	377.3	227.6	33.9	96.2
2018	377.4	190.8	34.7	100.6
2019	383.2	193.0	35.5	101.5
2020	393.2	197.9	35.9	101.7

2010 年以来甘肃省小麦播种面积呈明显下降态势, 寒旱区小麦播种面积由 2010 年 88.5 万  $\text{hm}^2$  降低到 2020 年的 70.9 万  $\text{hm}^2$ 。但旱区和寒区小麦产量均较 2010 年明显增加, 其中旱区提高了 3.9%~9.2%, 寒区提高了 5.4%~15.0% (图 2)。这主要是

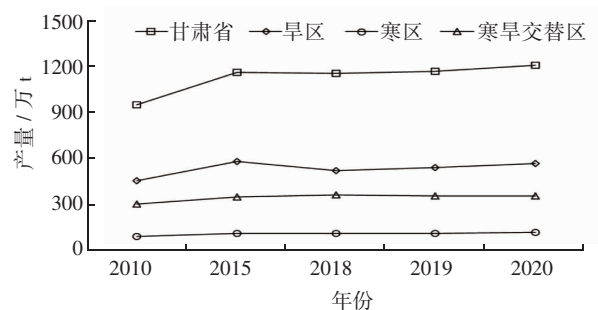


图 1 甘肃寒旱区粮食作物播种面积和产量

由于旱区和寒区小麦单产分别由 2010 年的 2 533.5 kg/hm<sup>2</sup> 和 4 477.1 kg/hm<sup>2</sup> 提高到 2020 年的 3 058.6 kg/hm<sup>2</sup> 和 5 995.6 kg/hm<sup>2</sup>。

旱区玉米播种面积稳中略增, 寒区和寒旱交替区增加明显, 分别提高 42.5%~50.0%、36.7%~40.9%。3 个区域玉米产量分别较 2010 年提高 12.0%~20.9%、41.2%~48.8% 和 24.8%~34.5% (图 3)。旱区玉米单产由 4 203.6 kg/hm<sup>2</sup> 增加到 5 181.4 kg/hm<sup>2</sup>, 而寒区和寒旱交替区变化不明显。播种面积和单产增加提高了玉米总产量。

马铃薯播种面积以旱区最大, 但 2010 年以来 3 个区域均呈下降趋势, 其中 2018—2020 年旱区降低了 11.5%~14.8%, 寒区降低了 21.1%~24.4%, 寒旱交替区降低了 36.1%~49.3%。而马铃薯产量 (折粮, 下同) 旱区和寒区较 2010 年分别提高了 13.0%~24.0% 和 6.6%~23.5%, 而寒旱交替区则降

低了 13.2%~32.0% (图 4)。

## 2.4 农业机械化水平

相比 2010 年, 2018—2020 年农业机械总动力旱区降低了 4.2%~15.6%, 寒区提高了 0.5%~20.3%, 寒旱交替区提高了 1.4%~3.6%; 机耕水平表现为寒旱交替区>寒区>旱区, 分别较 2010 年提高 15.5%~22.4%、3.1%~11.6% 和 56.0%~58.4%; 机播水平则表现为寒区>寒旱交替区>旱区 (图 5)。

## 2.5 社会化服务水平

甘肃寒旱区的农业社会化服务在旱作农业、高效节水农业、现代养殖等农业技术推广中取得了一定的成效<sup>[36-37]</sup>。如在旱区定西市安定区形成的马铃薯生产“安定蓝天模式”, 可辐射带动马铃薯产业上游 307 个种植专业合作社、10 个农机专业合作社、10 万农户。在寒旱交替区, 甘肃谷丰源农工场农业社会化服务有限公司在河西走廊探索出了“专业服务

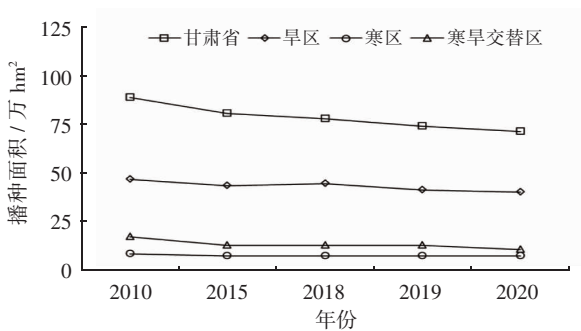


图 2 甘肃寒旱区小麦播种面积和产量

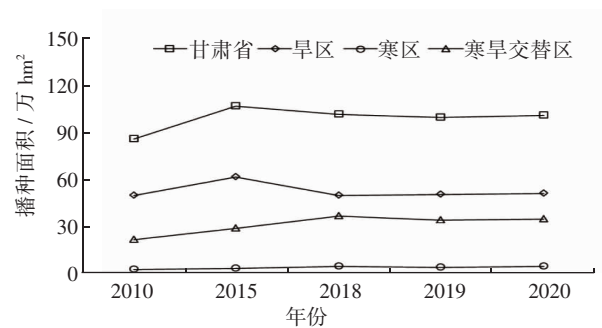
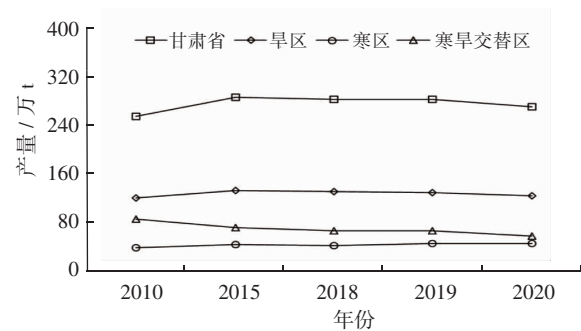


图 3 甘肃寒旱区玉米播种面积和产量

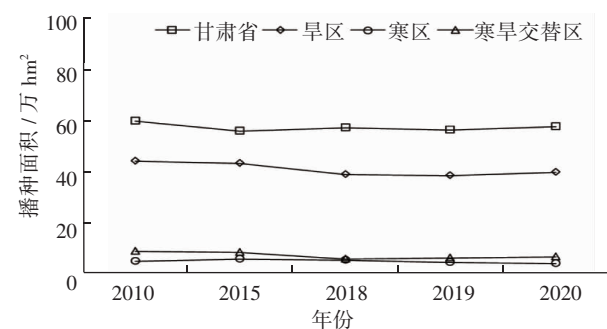
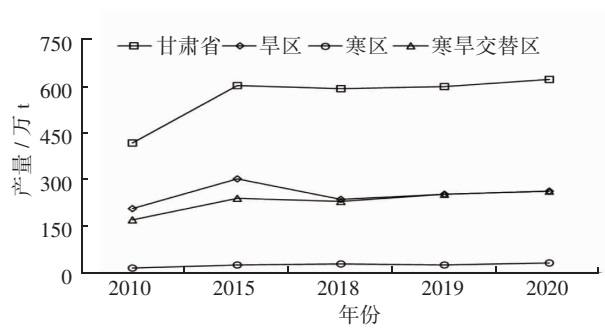
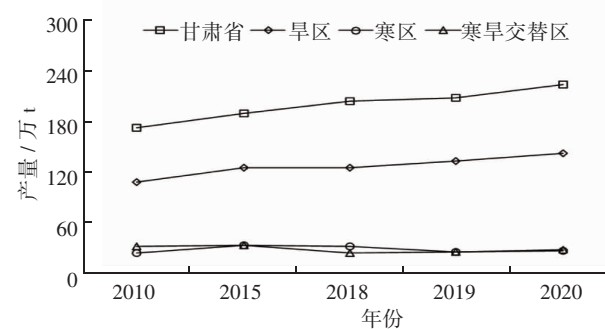


图 4 甘肃寒旱区马铃薯播种面积和产量



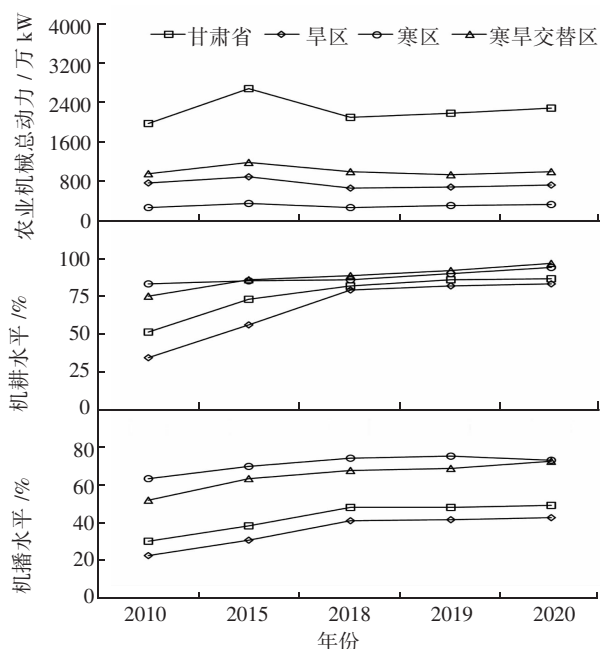


图5 甘肃寒旱区农业机械化水平

公司+生产公司(规模经营主体)+小农户”的“农工场”托管服务模式。总体而言,甘肃寒旱区农业社会化服务的整体水平还比较低,多数服务组织功能比较单一,注重产前、产中服务,忽视产后服务<sup>[38-39]</sup>。

### 3 甘肃寒旱农业发展存在的问题及成因分析

#### 3.1 自然条件一般,灾害性天气频发

旱寒叠加、水资源贫乏是甘肃寒旱区农业发展面临的最大障碍,自然灾害(季节性干旱、霜冻、冰雹、暴雨、沙尘暴、干热风等)频发,对寒旱农业的稳定发展构成较严重的威胁<sup>[40-41]</sup>。2010年来,年最低温度特别是冬季气温持续升高,使甘肃年平均气温升高0.7~1.2℃,年平均降水量减少28.6mm,加之极端气候事件频发,使气象灾害呈现季节连旱、年际连旱、早冻叠加的趋势。如旱区2018—2020年平均旱灾面积2.2万hm<sup>2</sup>,霜冻面积6.1万hm<sup>2</sup>,风雹灾害面积5.1万hm<sup>2</sup>,暴雨水灾面积4.6万hm<sup>2</sup>,对甘肃寒旱农业农作物产量和品质的下降影响明显。

#### 3.2 耕地质量偏低,土壤养分流失严重

甘肃寒旱区耕地质量等级整体偏低<sup>[42-43]</sup>。寒旱交替区的中等地占全省中等地总面积的67.0%,旱区的低等地占全省低等地总面积的83.0%,寒旱区中低产田数量占总耕地面积的70.0%以上,土壤养分含量和肥料利用率均低于全国平均水平<sup>[42-43]</sup>。除速效钾含量相对稳定外,有机质、全氮和速效氮含量都处于中下水平。水土流失、土壤盐渍化、风蚀沙化等造成土壤养分流失及土壤质量破坏严重。

#### 3.3 粮食生产能力较低,区域间结构布局问题突出

甘肃寒旱区种植业结构呈现粮食面积逐步减少,其他作物面积持续增加的趋势<sup>[44-45]</sup>。种植业结构调整已趋于多元化,呈现出油料、蔬菜、瓜类和中药材等多种作物并进的局面。寒旱区种植业结构存在粮食综合生产能力较低,人均占有粮食水平比较低的问题;调减粮食播种面积,忽视粮食生产的重要性,存在随意性和盲目性问题;区域间结构雷同的问题突出,区域化布局、专业化生产的格局还未形成,不能充分发挥区位优势 and 资源优势;农业生产成本高,农民收益低,影响了种植业的持续发展。

#### 3.4 农业现代化投入水平偏低,区域间差异明显

受自然气候条件、水土匹配条件和农业生产模式等因素影响,甘肃寒旱区农业基础条件差、设施薄弱、机械化程度低、科技支撑能力弱等问题依然存在,区域间差别特别明显<sup>[40]</sup>。2010年以来,机械、化肥、电力及水利投入水平均呈波动上升趋势,但与现代农业的发展要求还有一定的差距,且不同区域间差异明显。旱区及寒区人力投入水平较高,而寒旱交替区的河西地区和旱区的陇东地区机械和土地投入水平高;化肥、电力和水利投入水平均表现为寒旱交替区的河西地区投入水平最高,旱区的陇中地区、陇东地区次之,寒区的甘南地区整体水平最低。另外,农业科技投入仍然不足,占全省科技总投入的比重仍较低,制约了农业的产业化和现代化<sup>[46]</sup>。

#### 3.5 农业技术支撑投入不足,区域技术水平发展不平衡

甘肃寒旱区农业技术投入低于全国平均水平,且区域差异明显<sup>[47]</sup>。在酒泉、张掖、武威、兰州、白银等区域农业技术效率较高,但在定西市、庆阳市较低。2010年以来,旱区以地膜覆盖垄沟集雨栽培为核心的旱作农业技术的推广应用,显著提高了粮食作物单产,但技术支撑投入不足的问题仍然突出;在寒旱交替区以水肥一体化为核心的节水高效技术使农业产能达到了较高水平,技术攻关同样面临新挑战。

### 4 甘肃寒旱农业的未来突破方向

甘肃寒旱农业发展必须从寒、旱气候特质与脆弱生境叠加制约现代农业发展的实际出发,坚持生态优先,完善不同流域生态类型的现代生态农业模式;按照以种定养、以养带种、种养结合的要求,构建布局合理、草畜配套的现代种养循环农业模式。充分集成设施化、机械化、智能化、数字化等

现代技术手段, 重点研究突破绿色覆盖技术和产品、作物匹配的土壤定向培育技术与产品、土壤有机质快速提升技术与产品、智慧化现代集雨农业技术与产品、旱作智慧农业决策技术与产品等寒旱农业关键技术, 有效助推甘肃寒旱农业高质量发展。

#### 4.1 绿色覆盖技术和产品

地膜覆盖技术是甘肃寒旱区农业发展最重要的技术, 但地膜覆盖造成的“白色污染”问题严重影响了农业可持续发展, 未来甘肃寒旱区农业高质量发展必须探索研究绿色覆盖替代地膜覆盖, 研究创新绿色(绿肥作物、作物秸秆或秸秆残茬等)覆盖的理论和产品效果, 示范推广“一膜多年用”技术, 筛选研究适合甘肃寒旱区特定区域、特定作物和特定种植模式, 具有良好应用前景的绿色新型可降解、无污染覆盖产品。

#### 4.2 与作物匹配的土壤定向培育技术与产品

甘肃寒旱区土壤瘠薄、肥料吸收利用低, 必须遵从土壤地力与养分利用协同增效原理, 结合甘肃寒旱区的气候条件及土壤特征状况, 明确适宜区域作物的生物学特性及养分吸收特点, 研究提出与作物水肥需求高度吻合的土壤定向培育的参数体系, 建立绿色生产技术模式, 研发配套的生物、非生物养分产品以及农机具, 开发配套的水肥管理决策模型, 实现耕地精准培育和休耕协同。

#### 4.3 土壤有机质快速提升技术与产品

按照“改良土壤、培肥地力、保水保肥、控污修复”的方向和目标提升耕地质量, 提出不同土壤类型有机质快速提升技术; 研发应用测土配方施肥、有机肥替代化肥、秸秆还田、绿肥种植培肥、土壤改良术、合理轮作和种养生态循环等技术<sup>[50]</sup>。对新垦地和中低产田采用“功能性有机肥+土壤活化剂+秸秆还田或绿肥作物种植还田+深松耕”综合技术, 盐碱地采用“增施有机肥+土壤改良剂+秸秆还田或种植绿肥+垄膜沟灌+水肥一体化+深松耕”综合技术, 高标准农田采用“有机肥替代化肥+秸秆还田+深松耕”综合技术。针对不同土壤类型和作物研发生物有机肥、有机无机配方肥、土壤改良剂等新型肥料, 促进耕地质量提升。

#### 4.4 智慧化现代集雨农业技术与产品

针对甘肃寒旱区降水时空不均衡、水资源利用率低等问题提出, 积极利用集雨节灌技术, 增强蓄水能力, 提高降水利用率。充分贮存利用有限的天然降水, 配套现代物联网智慧管理系统, 应用水肥一体化等先进节水灌溉技术, 提高作物

生产力和水分利用效率<sup>[51]</sup>。开展集(蓄)水技术、节水灌溉(水肥一体化)技术研究, 配套降水预报、作物生长监测、土壤墒情监测、灌水预报技术和产品的研发, 集成“集雨+水窖+物联网系统+节水灌溉+精准施肥”技术模式。

#### 4.5 旱作智慧农业决策技术与产品

针对甘肃寒旱区不同区域的农业高效生产需求, 通过农业物联网、气象环境信息、病虫害预警、农情信息、专家远程服务等技术设施, 构建基于物联网技术的旱作智慧农业监测与决策系统。利用农业信息监测预警体系, 加强干旱环境动态监测预测研究; 研制适宜旱作的精准耕整、精准种植、精准施肥、精准施药和精准收获等智能作业装备; 研究以数据为驱动, 采用知识和数据相结合的决策模型, 将精准农业决策与智能计算方法有效关联, 对农业生产过程进行精准评判和预测及智能化决策。

### 5 结束语

寒旱农业是新的农业发展范式, 要和不同区域的农业生产方式结合起来, 形成新的发展理念和模式, 才能实现农业绿色增产增效和可持续发展的目标。这同样要求进一步明晰科技创新方向, 为寒旱农业发展提供支撑, 如现代集雨农业和智慧农业的有机融合, 将是旱作农业绿色增产和提质增效的主要突破口; 绿色覆盖技术和产品的研发与土壤有机质提升, 将是寒旱区农业产能提升和耕地保育的重点方向。而旱作智慧农业决策模型和技术、智能施肥机器人等的研发及应用, 将有力带动寒旱农业产业和科技发展, 提升农业生产效益和竞争力。总之, 全社会必须要转变认识, 重视寒旱农业发展和科技创新, 为全国乃至全球寒旱农业发展提供理论、技术、产品和模式支持。

#### 参考文献:

- [1] 彭金山. 农耕文化的内涵及对现代农业之意义[J]. 西北民族研究, 2011(1): 145-150.
- [2] 王朝霞. 奋力书写现代寒旱特色农业新篇章[N]. 甘肃日报, 2022-08-22(001).
- [3] 谷树忠, 杜杰. 我国西部地区发展特色农业的基础、问题与方向[J]. 中国农村经济, 2000(10): 4-9.
- [4] 王锡平. 对甘肃省现代丝路寒旱农业助推产业扶贫的思考[J]. 甘肃农业, 2020(11): 25-26; 29.
- [5] 赵贵宾. 甘肃省发展特色农业的优势和措施[J]. 甘肃农业科技, 2003(10): 3-6.
- [6] 董洪亮, 王锦涛. 甘肃着力发展现代寒旱特色农业[N]. 人民日报, 2022-08-27(001).
- [7] 李旺泽. 加快农业特色产业转型升级助推县域经济高

- 质量发展[J]. 甘肃农业, 2021(12): 10-16.
- [8] 吴晓燕, 鲁明. 为现代丝路寒旱农业厚植生态底色[N]. 农民日报, 2021-11-26(008).
- [9] 李旺泽. 大力构建现代寒旱特色农业产业体系为强县域行动提供有力支撑[N]. 民主协商报, 2022-01-17(004).
- [10] 张永祥, 霍文静. 甘肃现代丝路寒旱农业的绚丽篇章—浅析甘肃戈壁生态农业的发展现状[J]. 甘肃农业, 2021(10): 64-65; 68.
- [11] 张博文. 甘肃特色“现代丝路寒旱农业”发展研究[J]. 天水行政学院学报, 2020, 21(3): 82-87
- [12] 达虎, 封蕾, 施韶亭, 等. 甘肃省“甘味”农产品的发展对策—基于品牌建设角度[J]. 科技创新发展战略研究, 2022, 6(1): 36-42.
- [13] 李含琳. 甘肃省农业农村中长期十大工程的战略设计—对甘肃十四五农业规划的建议[J]. 甘肃农业, 2019(10): 23-27.
- [14] 姬顺玉. 甘肃特色农业发展分析[J]. 现代商贸工业, 2008(8): 92-94.
- [15] 樊元, 秦燕. 甘肃特色农业发展的新思路—区域品牌战略[J]. 开发研究, 2006(1): 14-17.
- [16] 向明生. 云南高原特色农业发展理论思考[J]. 中国集体经济, 2015(1): 35-36.
- [17] 王新右. 浅谈甘肃省特色农业产业发展现状和模式[J]. 甘肃农业, 2021(2): 63-67.
- [18] 白贺兰, 张继, 张东伟, 等. 甘肃省特色农业产业化发展现状与对策分析[J]. 甘肃农业科技, 2019(12): 61-66.
- [19] 许开录, 张立衡. 甘肃现代丝路寒旱特色农业的内涵、问题与发展对策[J]. 生产力研究, 2022(6): 59-62; 118.
- [20] 彭新宇, 金发忠. 论特色农业的理论内涵及发展模式[J]. 湖湘论坛, 2006(5): 65-66.
- [21] 刘养卉, 龚大鑫, 窦学诚. 甘肃省各地区现代农业发展水平聚类分析[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(2): 39-42.
- [22] 韩丽璐. 浅谈甘肃省特色农业发展新模式[J]. 新农业, 2022(5): 92.
- [23] 杨敬宇. 甘肃区域特色农业现代化政策研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2011.
- [24] 刘淑慧. 甘肃现代农业体系发展研究[J]. 新农业, 2022(5): 93.
- [25] 许开录. 甘肃农业特色产业集群化发展面临的困境与对策[J]. 当代经济, 2016(14): 66-68.
- [26] 施乐, 李虎绩. 甘肃省农业产业发展对策研究[J]. 农业与技术, 2022, 42(13): 175-177.
- [27] 严小燕, 陈志峰, 曾玉荣. 特色农业发展的内涵、演变与评价研究综述[J]. 福建农业学报, 2017, 32(4): 448-455.
- [28] 栾振斌, 宁和平, 姚瑞, 等. 1965—2015年甘肃省干旱时空分布特征分析[J]. 现代农业科技, 2022(13): 124-129.
- [29] 王天强, 赵军禄, 赵昕. 甘肃省风速和日照时数的时空变化特征[J]. 科学技术创新, 2022(17): 20-23.
- [30] 张调风, 张勃, 刘秀丽, 等. 基于CI指数的甘肃省黄土高原地区气象干旱的变化趋势分析[J]. 冰川冻土, 2012, 34(5): 1076-1083.
- [31] 杨阳, 马绎皓, 赵鸿, 等. 甘肃省不同气候类型区土壤水分特性[J]. 水土保持学报, 2021, 35(5): 213-220; 226.
- [32] 陈芳, 盖艾鸿, 李纯斌. 甘肃省土壤有机碳储量及空间分布[J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(11): 176-181.
- [33] 陈梅梅. 农业投入要素对种植结构变化的影响研究[D]. 兰州: 西北师范大学, 2021.
- [34] 李陇东, 陈耀. 甘肃省农业全要素生产率测算及空间差异性分析[J]. 国土与自然资源研究, 2022(5): 52-57.
- [35] 叶金波. 甘肃农业现代化对策研究[J]. 生产力研究, 2018(6): 50-53.
- [36] 吕剑平, 马亚飞. 农业现代化与农业社会化服务耦合协调发展研究—以甘肃为例[J]. 重庆理工大学学报(社会科学), 2020, 34(7): 53-61.
- [37] 王磊, 窦学诚, 宋琰. 甘肃省农业竞争力评价及其与社会化服务的相关性分析[J]. 生产力研究, 2022(5): 56-61.
- [38] 王兴荣. 甘肃新型农业社会化服务体系思考[J]. 甘肃农业, 2014(8): 55-58.
- [39] 窦学诚, 田少华, 孙文文. 农业社会化服务与农业生产效率关系探究—以甘肃省为例[J]. 国土与自然资源研究, 2022(5): 58-63.
- [40] 杨鑫, 海新权, 赵瑞婷. 甘肃省农业现代化水平评价及影响因素分析[J]. 国土与自然资源研究, 2022(2): 22-26.
- [41] 汤瑛芳, 李红霞, 刘锦晖, 等. 甘肃省粮食生产形势及新时期粮食安全对策研究[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(8): 63-71.
- [42] 高树财. 酒泉市肃州区土壤养分评价及耕地快速培肥地力技术[J]. 农业科技与信息, 2018(3): 11-13; 17.
- [43] 周永锋, 满润, 唐富运, 等. 甘肃省有机产业高质量发展现状与对策建议[J]. 农产品质量与安全, 2022(4): 61-64.
- [44] 张鑫. 对甘肃种植业结构调整的思考[J]. 社科纵横, 2015, 30(9): 43-44.
- [45] 时月, 海新权, 杨鑫. 甘肃省农业生产效率评价及促进对策研究[J]. 国土与自然资源研究, 2022(4): 45-49.
- [46] 高媛, 马丁丑. 甘肃特色农业发展现状及对策建议[J]. 甘肃农业, 2014(16): 5-7; 9.
- [47] 武续续, 向万里, 张春晖, 等. 基于GIS的甘肃农业生产时空格局演变及驱动因素分析[J]. 农业科技与信息, 2022(7): 90-94.