

西藏农业抗旱研究进展

韦泽秀,卓玛,彭君

(青稞与牦牛省部共建国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所,西藏拉萨 850002)

摘要:干旱是农业生产中发生频率最高、产生危害最严重的自然灾害之一。西藏耕地主要以旱地为主,其中80%以上的旱地位于半干旱和干旱地区,干旱严重影响作物的产量和质量。通过查阅相关文献,从西藏干旱气象现象、抗旱种质资源筛选与培育、抗旱栽培技术以及灌溉技术4个方面,系统分析了西藏农业抗旱研究的现状,并对西藏后续抗旱研究进行了展望。

关键词:干旱;品种选育;旱作栽培;灌溉;西藏

中图分类号:P462.3

文献标识码:A

Research Progress on Agricultural Drought Resistance in Xizang

WEI Zexiu, Zhuoma, PENG Jun

(State Key Laboratory of Qingke and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Agricultural Resources and Environment, Xizang Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Lhasa Xizang 850002, China)

Abstract: Drought is one of the most frequent and devastating natural disasters in agricultural production. Arable land in Xizang are predominantly drylands, with over 80% located in semi-arid and arid areas, where drought severely impacts the yield and quality of crops. This article reviewed and analyzed the current research status of agricultural drought resistance in Xizang. It summarized the current research status from the aspects of drought meteorological phenomena in Xizang, screening and breeding of drought-resistant germplasm resources, drought-resistant cultivation techniques, and irrigation techniques, in order to provide valuable references and insights for subsequent drought resistance research in Xizang.

Key words: drought; variety breeding; dryland cultivation; irrigation; Xizang

干旱是农业生产中发生频率最高、产生危害最严重的自然灾害之一。全球“温室效应”使我国受旱面积由20世纪50年代的1 133.33万 hm^2 扩大到20世纪90年代的2 666.67万 hm^2 。我国每年因干旱缺水少生产粮食1 000亿kg,因缺水造成的经济损失约1 200多亿元。

西藏位于我国西南边陲,东西长约1 900 km,南北宽约1 000 km,北与新疆和青海毗邻,东与四川隔金沙江相望,东南与云南省相连,与尼泊尔、不丹、印度、缅甸等国接壤,是我国面向南亚的重要门户,也是我国重要的国家安全屏障和生态安全屏障^[1]。根据2019年的统计数据,西藏耕地面积为248.86万 hm^2 ,其中旱地247.85

万 hm^2 ^[2],旱地占全区耕地面积的99.59%。依据降水量和蒸发量来划分气候干湿区,其中位于半湿润半干旱区、半干旱区、干旱区耕地超过200万 hm^2 ,受干旱胁迫区域耕地超过西藏总耕地面积的80%。本文通过查阅相关文献,对西藏农业抗旱研究现状进行了分析,旨在为西藏后续抗旱研究提供参考,并拓宽研究思路。

1 农业干旱的定义及西藏相关研究文献总体情况

农业干旱是指在农作物生长发育过程中,因降水量不足、土壤含水率低和作物得不到适时适量的灌溉,致使供水不能满足农作物的正常需

收稿日期:2025-06-01

基金项目:西藏旱作农区节水抗旱农业技术研究及示范项目(XZ202401ZY0030)。

作者简介:韦泽秀(1978—),女,博士,研究员,主要从事土壤生态及作物生理生态研究,E-mail:weizex7559@126.com。

求,影响作物正常发育的一种现象^[3]。

通过查阅文献,比较了西藏与国内其他地区在抗旱研究方面的差距。在维普资讯期刊检索中输入关键词进行搜索,结果见表1和图1。关于干旱的中文期刊文献有146 394条,其中1980年代后文献数量增长迅速,尤其是2000年后,呈数量级增长,这表明大家对干旱的认识越来越重视,干旱研究逐渐成为重点和热点领域。在解决干旱的途径研究中,以灌溉为中心的研究最为突出,相关论文期刊有145 900条。自1990年代以来,每10年的文献量累计超过1万条,且文献量呈倍数递增。然而,关于抗旱栽培和抗旱耕作的文献报道则相对较少,分别为3 048条和596条。

对西藏干旱、青藏高原干旱、高原灌溉、西藏灌溉、青藏高原灌溉、西藏抗旱栽培、西藏抗旱耕作、青藏高原抗旱等关键词条进行搜索,检索结果见表1。当搜索词限定为西藏或青藏高原相关时,相应文献量明显减少。其中,青藏高原干旱

的文献数量最多,达到788条;西藏干旱次之,有282条。而西藏抗旱耕作的词条搜索结果结果为0,表明西藏关于干旱或抗旱的研究文献相对较少,与国内其他地区相比还有较大差距。其次,从西藏或青藏高原相关文献的发表时间看,自1990年代以来,开始出现相关文献报道;在2000年后文献数量快速增长。总体上,西藏关于干旱、抗旱相关研究起步较晚,文献报道较少,研究相对滞后,这反映了当前西藏农业抗旱研究的现状。

表1 关于干旱相关关键词文献检索结果 条

检索词条	文献数量	检索词条	文献数量
干旱	146 394	西藏干旱	282
灌溉	145 900	西藏灌溉	131
旱作农业	8 403	青藏高原抗旱	33
抗旱栽培	3 048	青藏高原灌溉	24
青藏高原干旱	788	西藏旱作农业	6
抗旱耕作	596	西藏抗旱栽培	5
高原灌溉	346	西藏抗旱耕作	0

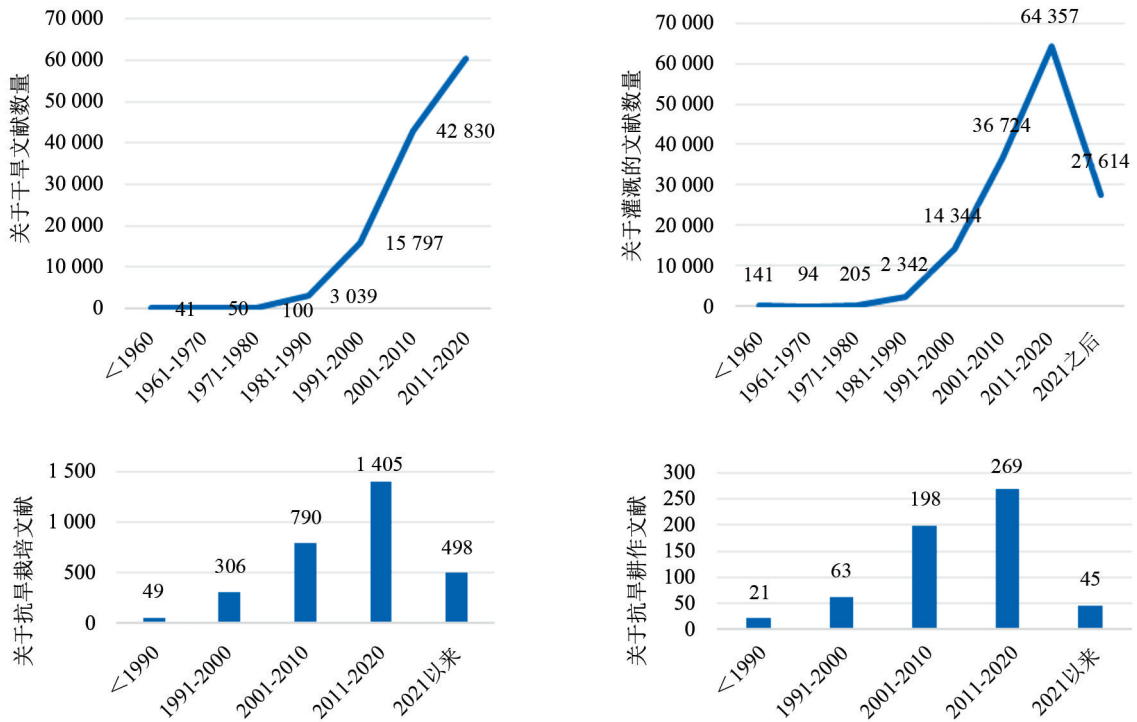


图1 发表文献数量随时间的变化

2 西藏农业抗旱相关研究现状

西藏农业抗旱研究起步晚,文献报道相对较少,尽管如此,西藏农业抗旱研究立足于西藏的生产实际,主要聚焦以下几方面内容:干旱现象特征分析、抗旱种质资源的筛选与培育、抗旱栽培技术的优化以及灌溉技术的改进等。这些研

究方向紧密围绕西藏农业生产面临的实际问题,旨在提高农业抗旱能力,保障粮食安全。

2.1 西藏干旱现象特征的研究

西藏被称作“亚洲水塔”,是亚洲河流的主要发源地^[4]。受地形地貌、高空大气环境、天气系统共同影响,西藏高原气候条件复杂多样,总体上呈现日照长、辐射强、气温低,昼夜温差大,干湿季分

明,气象灾害种类多,发生频率高的特点。为了提高气候服务,提高气象灾害预警与防控,开展了西藏气象区划^[1,5-6]、灾害事件发生规律研究^[7-12]。据统计,20世纪80年代以来,西藏平均每年因气象灾害造成的作物受灾面积为7.58万hm²,其中以干旱受灾面积最大,占总受灾面积的44%^[1,5]。高佳佳等^[11]总结了2000年来西藏各地区近20年的旱情,发现西藏高原在不同季节均有干旱发生,主要集中在春季(3—5月)和夏季(6—8月),其中,春季气象干旱发生的频率平均为30%,主要影响作物播种与出苗;夏季气象干旱的频率接近50%,影响作物营养成分运输,对农作物产量形成影响最大。干旱等级主要为轻旱、中旱和重旱等级。格桑等^[12]采用气象干旱综合指数指标分析西藏近50年干旱气候变化特征,研究发现,西藏各地汛期干旱出现的频率为45.8%~97.9%,沿江一线主要农区均在70%以上。干旱持续时间多年平均在23~50d之间。

2.2 抗旱种质资源的筛选与育种

干旱现象在青藏高原农业生产中频繁发生。选育抗旱高产品种是农业抗旱节水最为经济有效的途径。青稞是西藏主要的粮饲兼用作物,具有更加广泛的生态适应性,被认为是最适宜进行抗旱研究的试验材料。研究者采用模拟干旱环境,利用植物对逆境环境的生理响应,如细胞膜脂过氧化产物及酶活性变化,分析青稞等作物在芽期、灌浆期、成株期等阶段的抗旱性能。通过检测生理指标(丙二醛、过氧化物酶、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶等)、产量指标或生长发育指标等,研究者能够评估作物在不同生长阶段的抗旱性能^[13-16],筛选出一些抗旱材料用于生产实践,或者将筛选出的材料作为育种的基础材料,选育抗旱品种。采用类似方法对西藏油菜^[17-18]、饲草^[19-20]等抗旱性材料进行筛选也有报道。

随着科技的发展,抗旱基因的鉴定与挖掘以及作物代谢调控和蛋白组学技术的综合运用,让育种家对抗旱机理的认识更加深入。史博文^[21]从青稞基因组中鉴定出119个具有典型R结构在抗旱调节中发挥重要作用的MYB基因家族成员。Li等^[22]以269份不同基因型青稞资源为材料,利用全基因组关联分析鉴定了与抗旱性状显著关联的SNP标记,在显著耐旱性位点附近,获得8个对青稞抗旱性有潜在贡献的候选基因。

这些研究成果为青稞抗旱育种提供了重要的理论基础和实践指导,有助于培育出更适应干旱环境的青稞品种。

2.3 抗旱栽培技术的研究

为了防控干旱风险,在抗旱品种培育的基础上,积极探索抗旱耕作与栽培。西藏老百姓积累了丰富的旱地农业生产经验,包括在雨季接纳雨水、秋冬灌溉蓄水、耩耙糖保墒以及调整播种期和播种量等。为了实现青稞节水与高产统一,杜军等^[23]研究了西藏青稞需水关键期降水的气候变化特征。根据降水特征,通过研究青稞、小麦等不同生育期生长状况与耗水特性,提出作物的灌溉定额与适宜灌水量,在保证产量的情况下,提高水分利用效率^[24-26]。保护性耕作可增强土壤蓄水保墒能力,地面覆盖可抑制土壤蒸发,改善旱地土壤水分状况。这些保护性耕作和地面覆盖技术在西藏旱作农区也取得了较好的抗旱效果^[27-29]。

此外,关于生物制剂、保水剂的应用也常被用于作物抗旱栽培实践。刘翠花等^[30]在青稞水分胁迫下,接种AM真菌(丛枝菌根真菌)能降低青稞的凋萎系数,提高青稞的抗旱性;侯亚红等^[31]研究发现,保水剂可使青稞出苗时间提前2~3d,提高了青稞出苗率、分蘖数、株高,增加土壤储水量,提高青稞产量及水分利用效率。张胜等^[32]在自然干旱胁迫下喷施抗蒸腾剂(一种能够减少植物水分蒸腾的化学药剂),发现砂生槐叶片叶绿素含量增加、脯氨酸含量降低,气孔开张度变小,蒸腾速率降低,水分散失减少,干旱胁迫减轻。

2.4 灌溉技术的研究

灌溉可为作物生长提供水分,缓解旱情。灌溉方式在不断更新,传统的大田漫灌形式是借重力作用浸润土壤,这种灌溉方式比较粗放、灌水均匀性差,水量浪费大且容易导致土壤盐碱化。为了更高效地实现灌溉目的,即让作物根部获得和保持必需的水分,滴灌技术应运而生。微喷灌、滴灌、渗灌等节水性能优的方式也在逐渐推广,但由于成本较高,在农田生产中运用较少,而在草地种植中运用较普遍。多吉顿珠等^[33]发现在西藏高寒干旱地区,自压喷灌技术能显著提高草地群落的盖度和高度,草地生产力显著增加。在农科院试验基地,喷灌、滴灌、膜下滴灌等技术的研究与示范表明,这些灌溉方式能有效提高作物的水分利用率。

灌溉量的变更也是节水研究的重要部分,作物生育期水源主要有天然降水、灌溉水和土壤水,而作物的耗水量主要取决于灌溉量,往往灌溉量越大、耗水量越大。因此,众多学者研究灌溉量对作物生长的影响。徐冰等^[34]通过研究确定分蘖期、拔节期为拉萨地区燕麦灌水关键期,并确定了灌水日期为播种前、分蘖期和拔节初期,净灌水量为37 mm、43 mm、30 mm的非充分灌溉制度(即在作物生长关键期进行适量灌溉,以满足作物基本水分需求,而非完全满足其需水量)。时学双等^[27]研究了秸秆覆盖条件下水分亏缺对春青稞水分利用和产量的影响,结果显示当土壤水分下限控制在55%田间持水率时,对春青稞产量及构成没有产生显著不良影响,且获得了较高的节水率。张华国^[35]以藏青2000为供试作物,设计了自然雨水灌溉、人工保水灌溉、浅水间歇性灌溉、控制性灌溉等不同灌溉方式对产量的影响,结果表明浅水间歇性灌溉和控制性灌溉能提高作物水分的利用效率。

3 西藏农业抗旱研究展望

2000年以来,西藏大力发展农田水利设施,农田水利累计落实投资109.23亿元,建成了满拉、江北、雅砻、澎波等一批大中型灌区。农田有效灌溉面积由2001年的154.37万 hm^2 增加到2020年的199.00万 hm^2 ,有效灌溉面积占播种面积的比重由66.90%提升到73.14%^[2]。农田水利工程的发展助力了西藏农业高质量发展。然而,旱作农业的研究仍需紧跟科技发展的步伐,通过多部门联合驱动,进一步增强农业抗旱能力。

3.1 多部门联合,增强农业灾害的预警与防控能力

随着信息技术和生物技术的发展,农业气象与灾害预警方面更加注重多源数据的获取与管理,推动气象与作物模拟模型应用、作物模式与“3S”技术的结合,建成应用物联网监控技术,集成化控技术和多种农艺管理措施于一体的智能化远程监测管理系统^[36],以加强气象预测与农田生态环境监测。当前,气象研究机构、农业科研部门、水利部门都在积极开展相关研究以应对农业灾害,尤其是旱灾对农业生产的影响。打破行业壁垒,实现各部门的协同攻关与合作,才能最大效益发挥气象部门的监测与预测能力、水利部门

的水资源配置、调度与管理以及农业部门的技术支持与协调能力,从而提高农业灾害的防控能力。

3.2 加强抗旱品种选育与作物逆境驯化

青稞抗旱研究在生理机制、基因表达、代谢调控、蛋白组学、品种筛选与鉴定等方面均取得了显著进展。然而,青稞抗旱机制的复杂性决定了未来的研究仍需在多学科交叉的框架下,进一步深入探索。传统育种方式与分子标记辅助育种结合,将有助于开发更高效的抗旱育种技术,培育出更适应干旱环境的青稞新品种。通过加强品种逆境驯化,可进一步提高作物品种的抗旱性能,从而为保障西藏粮食安全和农业可持续发展提供有力支持。

3.3 培育和发挥土壤水库的调蓄功能,提高降水利用效率

在高标准农田建设中,增加土壤耕层厚度和提高土壤有机质含量等举措均能提升土壤蓄水保水能力。在丘陵山区实施等高种植、梯田等集水技术可以有效减少和拦蓄农田径流,增加降水的农田入渗,减少和控制水土流失。此外,引进与研发抗旱保水环保材料,并将其施用于作物根域,能够将有限的土壤水聚集在作物根系区域,为作物幼苗生长发育提供适宜的水分条件。保护耕作(少免耕、深松等)能够有效减少水土流失;有机培肥可以改善土壤结构、提高降水入渗速率、扩充土壤持水能力。以上措施可以使有限的降水得以充分利用,并根据区域实际情况进行复合配置,充分发挥土壤水库的调蓄能力,提高降水利用效率。

3.4 提高作物水分利用效率的综合技术

提高作物水分利用效率的技术核心包括以下3个方面:

1)根据作物生长期的不同需求,及时准确地供给作物相应水分和养分,并使供水过程与作物生长需水过程密切配合,同时尽量使作物在逆境条件下能正常生长发育。

2)在缺水条件下对农田水分与养分进行合理调控,充分发挥以水促肥、以肥调水的正向交互效应。现代耕作与施肥技术均可促进作物生物量的高效积累,从而提高作物的水分利用效率。

3)要将研究者的研究成果在广大农区进行培训和推广,将好的技术和方法真正应用于大田生产。

3.5 普及农业保险,增强农业抗击风险能力

农业保险是实现农业风险转移的重要手段之一,对促进农业稳定、持续、健康发展,服务农业、惠及农民有重要作用。在西藏开展农业保险区划与综合风险指数评估,能够客观反映西藏青稞干旱灾害风险水平,为纯保险费率的修正提供基础支撑,进而为提高青稞农业保险服务的精确性提供科学依据。这将有助于增强西藏农业尤其是种植业抗击风险的能力。

参考文献:

- [1] 杜军,杨志刚.西藏自治区县级气候区划[M].北京:气象出版社,2011.
- [2] 西藏自治区统计局,国家统计局西藏调查总队.西藏统计年鉴[M].北京:中国统计出版社,2021.
- [3] 谷洪波,刘芷好.湖南农业干旱灾害的时空分布、社会经济影响及形成机理探究[J].山西农业大学学报,2015,14(11):1081-1085.
- [4] 肖长伟,高延鸿,索央,等.西藏自治区藏中地区农业水平衡测试与灌溉用水定额研究[C]//2015(第十届)水务高峰论坛暨水生态安全大会.水生态安全——水务高峰论坛 2015 年度优秀论文集.北京,2015.
- [5] 假拉,杜军,边巴扎西.西藏气象灾害区划研究[M].北京:气象出版社,2008.
- [6] 李惠,朗杰次仁,史学梅.西藏山南市干旱风险区划[J].安徽农业科学,2016,44(33):178-181.
- [7] 普布卓玛,周振波,何小红,等.西藏干旱过程的气候及主要环流特征[J].西藏科技,2001(6):35-41.
- [8] 格桑多吉,达瓦次仁.干旱对贡嘎县农作物产量的影响及气象服务分析[J].乡村科技,2020(10):119-120.
- [9] 熊俊楠,刘志奇,范春捆,等.1983—2013年西藏自治区气象灾害时空分布特征与变化趋势[J].冰川冻土,2017,39(6):1221-1231.
- [10] 孙昭莹,张强,孙蕊,等.2022年西南地区极端高温干旱特征及其主要影响[J].干旱气象,2022,40(5):764-770.
- [11] 高佳佳,石磊,巴桑,等.5种干旱指数在西藏高原地区的适用性评估[J].气象科学,2023,43(1):80-90.
- [12] 格桑,艾俊峰,尼玛次仁,等.初步采用CI指标分析西藏近50年干旱气候变化特征[J].西藏科技,2011(5):63-67.
- [13] 宋国英,刘国一,边巴卓玛.模拟干旱胁迫下7个黑青稞品种的萌发特性与抗旱性评价[J].江苏农业科学,2021,49(16):84-88.
- [14] 洪叶,张国平.大麦灌浆期干旱胁迫对麦芽主要品质性状的影响[J].浙江大学学报(农业与生命科学版),2022,48(2):135-140.
- [15] 彭玉琳,莫银超,曾凡茹,等.大麦成株期抗旱优良种质资源筛选[J].高原农业,2023,7(1):1-8.
- [16] 徐银萍,潘永东,刘强德,等.大麦种质资源成株期抗旱性鉴定及抗旱指标筛选[J].作物学报,2020,46(3):448-461.
- [17] 宋丰萍,蒙祖庆,次仁德吉,等.干旱胁迫对油菜花期光合特性的影响[J].西北农业学报,2014,23(8):99-105.
- [18] 袁玉婷.PEG 模拟干旱胁迫西藏甘蓝型春油菜芽根系特征及抗旱性研究[J].广东农业科学,2020,47(7):18-25.
- [19] 闫天芳,苗彦军,王向涛,等.干旱胁迫对西藏4份野生披碱草属牧草幼苗生理指标的影响[J].草地学报,2017,25(6):1333-1339.
- [20] 谢妍洁,朱玉怀,张大才,等.2种嵩草属植物形态特征对生境干旱化的响应[J].西北植物学报,2016,36(4):0796-0803.
- [21] 史博文.隆子黑青稞逆境胁迫下生理响应特性及MYB基因家族的鉴定与分析[D].林芝:西藏农牧学院,2023.
- [22] LI J, YAO X, YAO Y, et al. Genome-wide association mapping of hullless barely phenotypes in drought environment[J]. Front Plant Sci. 2022, 13: 924892.
- [23] 杜军,普布卓玛,索朗欧珠.西藏青稞需水关键期降水的气候变化特征[J].干旱地区农业研究,2004(3):23-27.
- [24] 侯亚红.不同播期和灌溉水平下青稞需水规律[J].西藏农业科技,2018,40(1):13-17.
- [25] 李春,许燕.拉萨地区麦类作物需水状况及适宜灌溉问题探讨[J].西藏科技,1999(4):28-34.
- [26] 尹志芳,欧阳华,张宪州.西藏地区春青稞耗水特征及适宜灌溉制度探讨[J].自然资源学报,2010(10):1666-1675.
- [27] 时学双,李法虎,闫宝莹,等.秸秆覆盖条件下水分亏缺对春青稞水分利用和产量的影响[J].农业工程学报,2016,32(1):105-111.
- [28] 胡实,彭娜.农田秸秆覆盖保墒研究[J].中国农业气象,2007,28(1):49-53.
- [29] 达娃卓玛.秸秆覆盖在青稞上的应用[J].西藏科技,2014(9):5-6.
- [30] 刘翠花,张红锋,李菊.AM真菌对西藏青稞抗旱性影响的研究[J].植物营养与肥料学报,2007,13(5):979-982.
- [31] 侯亚红,张华国,李雪,等.4种保水剂在青稞上的增产效果对比试验[J].西藏农业科技,2019,41(3):37-40.
- [32] 张胜,赵垦田,王景升,等.自然干旱胁迫下喷施抗蒸腾剂对砂生槐生理特性的影响[J].山东林业科技,2010,40(3):65-67.
- [33] 多吉顿珠,巴桑赤烈,刘玉.自压喷灌技术在高寒干旱区草地植被恢复的应用浅析[J].水土保持研究,2016,23(2):55-59.
- [34] 徐冰,汤鹏程,李奇,等.基于CROPWAT模型的拉萨地区燕麦优化灌溉制度研究[J].干旱地区农业研究,2015,33(6):35-39.
- [35] 张华国.不同组合灌溉条件与方式下对藏青-2000生育期的研究[J].高原农业,2019,3(2):130-134,140.
- [36] 梅旭荣.农业气象学发展及展望[J].农学学报,2018,8(1):61-66.