

西藏地区作物需水量研究现状综述

秦基伟, 杨素涛, 谭海运

(西藏自治区农牧科学院农业资源与环境研究所, 西藏 拉萨 850032)

摘要:水是维持作物生长的重要因素,也是支撑植物体的主要因素之一。作物生长的各个阶段都需要水分,因此作物需水量的研究对促进作物增产、节约水资源有重要作用。西藏有相当部分农田灌溉条件不足,土壤保水性不好,且在实际生产中对作物生长需水量、灌溉制度的研究不够,亟待深入研究。本文根据西藏地区的研究成果,梳理本区作物需水量的研究现状与不足,提出以灌区划分为基础的灌溉制度制定思路,以期为后续研究及西藏节水农业发展提供参考。

关键词:作物需水;灌溉制度;西藏;综述

中图分类号:S274.4 **文献标识码:**A

Review of Research on Crop Water Requirements in Tibet Region

QIN Ji-wei, YANG Su-tao, TAN Hai-yun

(Research Institute of Agricultural Resources and Environment in Tibet Autonomous Region, Tibet Lhasa 850032, China)

Abstract: Water is an important factor in maintaining crop growth and also one of the main factors to support plants. Water is needed at all stages of crop growth. Therefore, the study of crop water requirements plays an important role in increasing crop yield and saving water. A large proportion of farmland in Tibet is poorly irrigated, and the water retention of the soil is not good. In agricultural production, the research on water requirements and irrigation regime is insufficient and further study is needed. Based on the research results in Tibet, this paper sorted out the current situation and shortcomings of the research on crop water demand, and put forward the development idea of irrigation system based on the division of irrigation areas. It is useful to provide references for the follow-up research and the development of water-saving agriculture in Tibet.

Key words: Crop water requirements; Irrigation regime; Tibet; Review

水既是作物体的组成部分,也是维持作物生长的重要因素。水分对植物的生理生态具有重要作用,是连接土壤—作物—大气的介质,作物所有的生理生化反应,都必须在水的参与下才能完成。水是物质运输的介质,是支撑整个植物体的主要因素之一,水分存在是作物蒸腾作用的必要条件。因此,在作物生长阶段,必须保证水分的正常供给^[1-2]。

作物需水量(Crop Water Requirement)又称作物耗水量,系指生长在大面积上的无病虫害作物,土壤水分和肥力适中时,在给定的生长环境中取得高产潜力的条件下,为满足植株蒸腾、棵间蒸发、组成植

株体的水量之和^[3]。作物需水量取决于作物种类、品种、生长阶段、气候条件、土壤条件及农艺措施。作物需水过程虽然复杂,但严格遵守能量守恒原理,与作物自身性状、气象条件、土壤条件息息相关。作物对水分的需要包括直接作用于作物正常生理过程的生理需水,以及维持作物正常生长的外部条件所需生态需求两部分^[4]。作物需水量和作物生长及最终产量的关系密切,作物需水量的研究是确定灌溉制度、实现作物高产栽培、节约水资源的根本途径^[5]。

西藏水资源丰富,但时空分布不均,水利设施落后^[6],且随着全球气候变化加剧和人为因素的影响,水资源不合理利用、不科学的管理模式,西藏的水环境正面临着严峻的考验,整体水循环系统出现紊乱^[7-8]。现阶段西藏水资源仍处于较为安全的状态,但由于西藏农业用水浪费严重、节水意识淡薄等

收稿日期:2018 - 12 - 26

基金项目:西藏自治区重大科技专项子课题“青稞农机农艺结合”

作者简介:秦基伟(1987 -),男,助理研究员,主要研究方向为旱作农业, E-mail: qinjiwei8709@163.com。

问题,加上水利建设不足、节水性能较低,导致水资源利用不充分,呈现出逐渐转为可持续发展的状态^[9]。

青藏高原上的干旱,从根本上说,是降水少和降水年内分配不均匀与农作物耗水量大的矛盾引起的^[10]。如何正确的利用水资源,制定合理的灌溉制度,是目前西藏农业亟待解决的问题。各方科技人员充分利用有限的条件,进行了作物系数、灌溉定额、灌溉系统的研究,得出了大量的宝贵数据和经验。总的来说,合理的灌溉方法有灌水量小幅变化、用水效率显著提高的效果。

1 研究方法

目前的作物需水量研究方法包括3大类,第1类为“惯用法”,先计算全生育期总需水量,再用阶段水模系数分配各生育阶段需水量,此类方法主要以产量、积温、日照时数来计算作物需水量,其中产量法适用于旱作作物,尤其适用于中低产田,积温法不宜用于干旱半干旱区,日照时数法适用于气温较稳定的地区;第2类是直接计算各生育阶段需水量的方法,包括水面蒸发量法、水量平衡法等,水面蒸发量法对蒸发皿的布设及气象条件要求较为严格,而水量平衡法在小区试验中较为适用,在大田应用上则会降低准确率;第3类是利用气象因素计算各阶段参考作物蒸发蒸腾量,然后乘以作物系数求得各阶段作物需水量,主要方法包括彭曼公式(Penman 公式法)、布兰妮—科雷德尔公式、Thomthwait 公式等,其中的 Penman 公式适用于全世界任何地区,估算精度较高,是国际上最为流行的计算方法,各国研究人员根据实际情况,对 Penman 公式有很多的拓展和应用^[11]。除此之外,遥感方法、作物需水信息远程实时采集系统等对作物需水量的研究也有很大帮助。基于微气象学的空气动力学法、涡度相关法应用也较为广泛,但对仪器的测量精度有很高的要求,易出现误差^[12]。

水量平衡法实质上是测定一段时间内的土壤储水量差值^[13],蒸渗仪就是利用水量平衡的原理,推求平衡因素中某些难以直接测定的或需研究的某些因素的变化过程,对于各种作物需水的计算都有很好的验证作用。FAO Penman-Monteith 公式法是一个机理性公式,综合考虑了各种气象因素,在世界各地得到了广泛的应用^[14]。

波文比能量平衡法是基于水分子的蒸发扩散过程与同一水面向空气中的热量输送过程是相似的原理而提出的,即水面与空气间的乱流交换热量与自

由水面向空气中蒸发水汽的耗热之比,根据波文比及能量平衡的关系,在不同的应用条件下,科学家对波文比法进行了优化改良,使波文比能量平衡法更适合于计算蒸散量的方法^[15]。

在非标准状况下,蔡甲冰、蔡林根等总结了不同条件下的作物系数计算方法,分为水分胁迫(缺水或盐分高)、自然植被稀少植被和非原始植被、不同管理水平、非生长季四种状况,利用 FAO 推荐的作物系数算法,区分有别于标准状况下的各种因素,推求出各状况下的作物系数^[16]。

2 西藏地区作物需水量研究现状

2.1 作物系数

作物系数的研究相对较少,根据现有的研究成果,罗红英、崔远来利用 FAO 的标准方法及修正求得西藏主要农区青稞的初始生长期作物系数在 0.12~0.33 之间,生育中期作物系数在 1.18~1.33 之间,成熟期作物系数在 0.61~0.78 之间,高海拔低纬度的青藏高原青稞作物系数总体上变化不大,与青藏高原比邻地区青稞作物系数基本一致^[17]。赵世昌、徐冰等利用 FAO-56 作物系数法验证西藏高寒牧区燕麦的作物系数以及海拔 4000 m 以上的高寒区作物系数法的适用性,单作物系数法和双作物系数法计算的 ET_c 基本接近,且通过田间试验,运用水量平衡方法求得作物实际腾发量和理论计算值相近,初步验证 FAO-56 推荐的单作物系数法和双作物系数法均适用于西藏高寒牧区,而对于非充分条件下作物系数需考虑水分胁迫系数,有待进一步研究^[18,20]。

2.2 作物需水量(灌溉定额)

作物灌溉定额的研究既有田间试验又有大尺度分析,涉及到的作物种类也较多。尹志芳、欧阳华、张宪州等主要利用 SHAW 模型实现对春青稞农田蒸散发与土壤水深层渗漏与补给过程模拟,分析了春青稞的耗水特征,最终得出在当地土壤条件下,春青稞生长期耗水量 450 mm 左右,分蘖到拔节、拔节到抽穗、抽穗到蜡熟期是耗水的高峰期,可占整个生长期耗水量的 72%,春青稞的水分利用效率较低但并不属于高耗水作物,棵间水分蒸发量少,但由于土壤质地原因,易出现土壤底层渗透量大的现象^[21]。侯亚红通过不同播期不同灌水条件下的田间试验,研究了青稞的需水规律,发现在相同灌水、不同雨水分配下,降雨越多青稞需水越大;季节越干旱青稞需水量越大,灌水量也越大,但水分利用率越低,降雨可以提高土壤的水分利用率^[22]。李连杰

采用盆栽试验方法对林芝地区春青稞水肥需求量进行了研究,发现在田间持水量的65%时春青稞水分利用率最高,灌溉用水最为经济^[23]。熊东红、吴毅等通过观测左贡农区的土壤水分动态特征分析了农田水分供需平衡状况,认为青稞在播种一出苗、出苗一分蘖两生育期土壤水分含量过低、水分供需严重失衡,其余生育期能满足青稞的生长需求^[24]。罗红英、崔远来等通过对西藏青稞灌溉定额的空间分布规律的分析发现,青稞灌溉定额等值线总体呈带状分布特点,并与经线趋于平行,空间变异结构比较复杂;与降雨量呈负相关关系,与平均气温及 ET_0 呈正相关关系,且受土壤类型、地势、辐射条件等因素综合影响,导致某些区域规律不一致^[25]。肖长伟通过对主要作物青稞、小麦、油菜的灌溉用水进行试验研究,对青稞、小麦、油菜的用水现状进行调研和评估,在水量平衡的基础上,结合用水效率控制目标,完成灌溉水利用系数及青稞、小麦、油菜等主要作物的灌溉用水定额初步分析,认为灌水次数并非越多、灌水量并非越大产量越高,在天然降雨量不能够满足作物需水量的情况下,灌水量对作物产量构成有显著的影响,灌水量越少,对作物产量的构成影响越大,作物灌水量在 $230 \sim 250 \text{ m}^3/667\text{m}^2$ 的处理是最佳灌水量^[26]。侯亚红、强小林利用盆栽试验研究人工灌水及雨水对西藏河谷农区高产青稞耗水特性及产量的影响,发现土壤含水量越大,青稞耗水量越大,拔节期及灌浆期是青稞耗水量最大的时期,适当的水分胁迫却可以提高青稞水分利用,只要灌浆期雨水充足就可以提高水分利用率、保证高产^[27]。

2.3 节水灌溉

节水灌溉方面的研究相对较多,集中在灌溉设备、灌溉管理、灌溉系统设计、灌区灌溉制度制定等方面。杨永红、武利江等分析认为,西藏节水灌溉区面积在2020年将达到26.68万 hm^2 左右,解决全区绝大部分农业缺水问题^[28]。此外,西藏牧区水利基础薄弱、水利科研相对滞后,对草地作物灌溉缺乏精确、定量研究^[29]。但西藏节水灌溉起步较晚、发展慢、设备设施落后,田间灌溉以大水漫灌或沟灌、畦灌为主,天然草地绝大部分依靠天然降雨,仅有少部分人工草地实行喷灌等节水方式^[30]。李丹、罗红英等对拉萨河谷农区内河流径流量及灌溉用水需求的季节性变化进行了分析,发现灌溉需求量与河流可利用水资源量呈错峰状态,矛盾突出,需制定合理的灌溉制度以保证农业用水安全与水资源可持续发展^[31]。杜军、普布卓玛利用长时间尺度上的降水资

料分析了青稞生育期的降水特征及趋势变化,发现青稞拔节—孕穗期降水变化较大,温暖半干旱农区、温暖半湿润农区易出现旱情;抽穗—乳熟期半湿润农区多数年份的降水能够满足青稞需求;青稞全生育期降水量对青稞生长影响不大,根据青稞需水关键期降水的气候变化特征,采取措施适时灌溉对产量提高具有重要意义^[32]。灌溉制度由于每个灌区的水源、气候、降水、土壤、水文地质、地形以及作物的栽培、耕作、施肥等习惯的不同而差别很大,而西藏又缺乏大面积灌溉试验区长期的数据支持,仅能靠总结群众丰富的灌水经验来制定灌溉制度,但是存在思想传统落后的现象,需加强实验数据收集整理^[33]。在草场灌溉上,张文贤、杨永红通过对牧草需水量的分析,确定藏北地区人工草场灌溉系统的设计参数,初步为藏北人工草地节水灌溉提供了样板^[34]。徐冰、田德龙等依据西藏高寒牧区燕麦的田间试验,对其耗水规律、灌溉制度进行研究,发现燕麦各生育期耗水量与耗水模数总体变化呈现先升高拔节后降低抽穗再小幅回升的变化趋势,得到的理论灌溉制度灌水次数为1~4次,灌溉定额为 $516 \sim 1511 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ^[35]。汪星良认为,利用节水灌溉管理技术搞好灌区配套与节水推广,抓好渠系节水、田间节水和管道输水等节水措施,能有效提高西藏高寒地区水资源利用效率^[6]。

3 讨论

我国对于作物需水量、作物系数的研究较多,各种方法的应用验证研究也较为广泛,如对小麦、玉米、高粱、棉花等主栽作物的需水量研究已较为成熟。而西藏地区关于作物需水量、作物系数的研究相对较少。

在研究内容与对象方面,主要集中在河谷农区,主要研究作物为青稞、燕麦,缺乏对不同主栽作物类型、不同气候类型区的深入研究,同时对不同类型人工草地、天然草场灌溉定额的详细研究。在研究方法上,由于西藏地区大部分土壤保水性差,渗水漏水严重,蒸发量大,而目前的研究方法没有针对这一特点的相应改良;盆栽试验并不能如实反映出灌溉中的实际需求。在大范围尺度上,缺乏对主要农区进行细致的调研,做出合理的灌区划分,使得制定灌溉制度时缺乏精确、长期的数据,无法制定出适宜于同一灌区的简便化灌溉制度。

4 结语

农田土壤水分状况是决定灌溉制度的重要依

据,降水是决定农田土壤水分状况的最基本因素,蒸发力和灌溉水源是影响农田土壤水分状况的重要因素,根据农田水分状况、作物类型、作物需水量,确定灌溉时间、次数、间隔、灌溉量等,是制定灌溉制度的前提^[36]。我区必须根据气象、水文数据,依靠翔实可靠的作物灌溉需水试验数据,对全区的农田、草地进行合理的灌区划分,定量把握好每个灌区的土壤本底持水量与作物需水量,计算出普适性灌溉定额,为每个灌区制定出最为适宜、最易于推行的灌溉制度,同时加强水利基础设施建设,提高群众节水意识,为促进西藏农业的绿色发展、健康发展、持续性跨越,实现粮食百万吨的目标做科技支撑。

参考文献:

- [1]胡立勇,丁艳锋. 作物栽培学[M]. 北京:高等教育出版社,2008.
- [2]郭元裕. 农田水利学[M]. 北京:水利水电出版社,1997.
- [3]张和喜,迟道才. 作物需水耗水规律的研究进展[J]. 现代农业科技,2006(3):52-54.
- [4]程维新,胡朝炳. 农田蒸发与作物耗水量研究[M]. 北京:气象出版社,1998.
- [5]高金花. 我国南方大棚作物需水规律及灌溉制度研究[D]. 长春:吉林大学,2010.
- [6]汪星良. 西藏发展节水灌溉的思考[J]. 西藏科技,2005(6):31-32,37.
- [7]拉伍. 气候变暖对西藏水环境的影响研究[J]. 乡村科技,2017(14):83-84.
- [8]扎西旺珍. 气候变化与人类活动对西藏地区水文水资源的影响[J]. 农业与技术,2018,38(20):237.
- [9]索朗次仁,扎西次仁. 分析西藏水资源生态足迹评价与动态预测[J]. 居舍,2018(25):232.
- [10]陈传友. 西藏发展农田灌溉的途径与措施[J]. 自然资源,1981(4):45-51.
- [11]温随群,杨秋红. 作物需水量计算方法研究[J]. 安徽农业科学,2009,37(2):442-443,445.
- [12]韩伟峰,武继承,何方,等. 作物需水量研究综述[J]. 华北水利水电学院学报,2008,29(5):30-33.
- [13]陈祥,李英伦. 水量平衡法测定土壤蒸散量的研究[J]. 土壤,1988(3):147-155.
- [14]张合喜,方小宇. 数据库技术在FAO Penman-Monteith公式中的应用[J]. 农业网络信息,2007(9):155-159.
- [15]宋从和. 波文比能量平衡法的应用及其误差分析[J]. 河北林业学院学报,1993,8(1):85-96.
- [16]蔡甲冰,蔡林根,刘钰,等. 非标准状况下作物系数的计算方法[J]. 中国农村水利水电,2002(2):32-34,37.
- [17]罗红英,崔远来. 西藏主要农区青稞作物系数的计算分析[J]. 灌溉排水学报,2014,33(1):116-119.
- [18]赵世昌,徐冰,魏占民,等. 西藏高寒牧区燕麦作物系数的推求及验证[J]. 灌溉排水学报,2015(2):56-60.
- [19]徐冰,田德龙,郭克贞,等. 西藏高寒牧区燕麦耗水量与灌溉制度初步研究[J]. 节水灌溉,2013(3):57-59,62.
- [20]徐冰,唐鹏程,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):35-39,183.
- [21]尹志芳,欧阳华,张宪州,等. 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,2010,25(10):1666-1675.
- [22]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):13-18.
- [23]李连杰. 林芝地区春青稞需水需肥试验研究[J]. 西藏科技,2013(8):8,28.
- [24]熊东红,吴毅,何毓蓉,等. 西藏左贡农区土壤水分动态与青稞需水平衡[J]. 西南农业学报,1999(3):40-44.
- [25]罗红英,崔远来,赵树君,等. 西藏青稞灌溉定额的空间分布规律[J]. 农业工程学报,2013,29(10):116-122.
- [26]肖长伟. 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[A]. 国际水生态安全中国委员会秘书处、北京沃特咨询有限公司. 水生态安全——水务高峰论坛2015年度优秀论文集[C]. 国际水生态安全中国委员会秘书处、北京沃特咨询有限公司:北京沃特咨询有限公司,2015:9.
- [27]侯亚红,强小林. 西藏河谷农区灌水和中后期降雨对高产青稞耗水量与产量的影响[J]. 中国农学通报,2015,31(26):170-175.
- [28]杨永红,武利江,王政章,等. 西藏节水灌溉发展现状与规划展望[J]. 节水灌溉,2007(4):56-58.
- [29]赵世昌,魏占民,徐冰,等. 西藏高寒牧区草地灌溉工程综合效益评价初步研究[J]. 节水灌溉,2012(9):63-66.
- [30]达娃卓玛. 西藏农业节水灌溉制度研究现状[J]. 西藏科技,2014(6):10-11.
- [31]李丹,罗红英,罗玉峰,等. 西藏拉萨河谷灌溉供需水分析[J]. 排灌机械工程学,2018,36(10):1053-1058.
- [32]杜军,普布卓玛,索朗欧珠,等. 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(1):23-27.
- [33]扎西普顿,普珍. 西藏高原地区灌溉制度(畦灌法)制定方法的研究[J]. 西藏科技,2012(10):3-5.
- [34]张文贤,杨永红. 西藏发展节水灌溉的思考[J]. 水利经济,2004(6):57-58,61.
- [35]徐冰,田德龙,郭克贞,等. 西藏高寒牧区燕麦耗水量与灌溉制度初步研究[J]. 节水灌溉,2013(3):57-59,62.
- [36]杨勤业. 西藏农田土壤水分状况的估算和灌溉问题[J]. 自然资源,1978(2):109-113.