

北方缺水地区半旱地农业有限补灌模式探讨

李英能

(中国农业科学院农田灌溉研究所,河南新乡 453003)

[摘要] 以降水利用和灌溉程度为依据,对半旱地农业进行了研究,着重讨论了与半旱地农业涵义有关的问题,论述了在北方缺水地区发展半旱地农业的意义,给出了半旱地农业有限补灌技术模式。针对北方缺水地区的特点,提出了不同类型区半旱地农业有限补灌发展模式,并探讨了北方缺水地区半旱地农业发展有限补灌的策略。

[关键词] 半旱地;农业;有限补灌;模式

[中图分类号] TV213 [文献标识码] A [文章编号] 1009-1742(2012)03-0041-05

1 前言

水是生命之源,更是作物生长之必需。按给作物供水的形式和保障程度,可将我国约 1.22 亿 hm^2 耕地上进行的农事活动分为旱地农业、半旱地农业和灌溉农业 3 种类型。半旱地农业是指自然降水只能部分满足农作物生长的要求,且需要进行补充灌溉才能获得较高和较稳定产量的农业^[1]。广义地说,我国除西北内陆地区因降水稀少,农作物基本没有降水可利用,单靠灌溉来满足农作物的需水要求,没有灌溉就没有农业,属典型的灌溉农业外,其他大部分地区因受季风气候的影响,降水和农作物生长需水不同步,单靠降水不能满足农作物生长的需水要求,都需要进行补充灌溉,在这类地区只要是农作物既利用了降水又进行了灌溉,都可认为是半旱地农业。狭义地说,半旱地农业是指除实施旱地农业和灌溉农业以外的可采用集雨措施或当地水源对农作物进行有限灌溉的农业。半旱地农业的核心是在运用农艺技术措施充分利用降水的前提下,利用当地水源对农作物进行有限补灌。其特点:一是有集雨工程或小型水源工程;二是有灌溉设施;三是在农作物关键需水期能进行补充灌溉。其与旱地农业的

主要区别是,旱地农业是不灌溉的农业,没有灌溉设施,单靠自然降水维持农作物的需水要求,因此也称为“雨养农业”。而半旱地农业有灌溉设施,可以对农作物进行补水灌溉。其与灌溉农业的主要区别是,半旱地农业没有一定的灌溉保证率,不能在作物全生育期内根据需水要求进行灌溉,只能在某个关键需水期进行补水灌溉。而灌溉农业有一定的灌溉保证率,可在该保证率内保障农作物全生育期灌溉用水的需求。笔者认为,半旱地农业应该是指这种狭义上的半旱地有限补灌农业。这种半旱地农业正好填补了传统旱地农业和灌溉农业之间的空白,构成了“旱地农业—半旱地农业—灌溉农业”这个连续系统。

我国北方缺水地区适宜发展半旱地农业的地区主要分布在年降水量为 250 ~ 600 mm 的半干旱和半湿润地区^[2],总体上位于秦岭、淮河以北的旱作农区,包括东北山丘平原区、黄淮海山地平原区、内蒙古草原区、西北黄土高原区。总土地面积为 281.65 万 km^2 ,总耕地面积约为 6 467 万 hm^2 ,估计已有或具有发展半旱地农业可能的耕地面积约为 3 533 万 hm^2 。这些地区的主要问题是干旱少雨,水土流失严重,水资源不足^[3]。半旱地农业区是未来

[收稿日期] 2011-09-29

[作者简介] 李英能(1940—),男,广西容县人,中国农业科学院农田灌溉研究所研究员,主要从事节水农业技术研究工作;

E-mail:neyili@136.com

我国新发展灌溉农业的重点地区,鉴于受水资源条件和地形、地貌等自然条件以及经济条件的制约,这些适宜发展半旱地农业的地区能发展为灌溉农业的面积不多,大约只有几百万公顷,大部分仍需发展半旱地农业。因此,探讨北方缺水地区半旱地农业有限补灌模式,对提高农作物产量、保障粮食和农产品供给安全具有重要意义。

2 半旱地农业有限补灌技术模式

半旱地农业有限补灌的技术模式建立在高效利用水分的农业技术措施基础上,通过修建水源工程设施、采用节水高效灌溉设备和有限补灌制度构成,因此是一种综合技术模式。

1) 高效利用水分的农艺技术措施。高效利用水分的农艺技术措施的主要目的是提高降水和补灌水渗入农田土壤的水分利用效率,它通过选择适宜的作物种类、品种、种植方式和合理有效的田间管理、配方施肥、耕作、覆盖、化控调节等措施,来减少作物生长期的水分消耗,提高作物的水分利用效率,减少作物用水,最终达到节水、高产、高效的目标。高效利用水分的农艺技术措施大致上可划分为7大类:种植结构优化技术、抗旱节水品种筛选应用技术、耕作保墒技术、覆盖保墒技术、蒸腾蒸发抑制技术、化学制剂保水技术和水肥耦合技术。

2) 水源工程设施。半旱地农业补灌的水源主要有集蓄降雨、小流域地面径流、季节性河道的截潜流、山泉水、引洪补源的地下水、灌溉回归水等。因此,需修建的水源工程设施主要有水窖(窑)、水池、塘坝、水井、小泵站等。水窖(窑)是集雨补灌地区的主要水源工程。为了集蓄雨水还需要修建集流场,集流场应尽量利用公路、场院、屋顶等现有设施,在坡地上修建人工集流场时,应特别注意水土保持。水池和小塘坝主要是汇集小流域的地面径流,也可用于集蓄雨水或调蓄山泉及灌溉回归水。小泵站除可低水高用外,更可用于抽取引洪补源地区水井的地下水。

3) 节水高效灌溉设备。半旱地农业的补灌水一般只靠集蓄雨水和当地有限的地表及地下小水源,这些水源的水量较小且保证率低。因此,为提高补灌水的利用率和利用效率,必须采用节水程度较高的灌溉措施。当前常用的节水灌溉措施主要有渠道防渗输水灌溉、低压管道输水灌溉、喷灌、微灌以及田间节水地面灌等。针对半旱地农业的特点,宜

选择节水高效的低压管道输水灌溉、微灌、喷灌措施,这些措施均采用管道输水和可控灌水,可将输水损失和田间灌水损失减少到最低程度。在田间采用地面灌溉时,应修建等高梯田,严格平整土地,实施沟灌和小畦灌,最大限度地提高补灌的田间水利用率。由于半旱地农业只能实施有限的补灌,每年补灌次数很少,灌溉设备利用率很低,因此不宜修建永久固定式灌溉工程,而适合采用移动式节水灌溉设备,如移动软管地面灌、坐水点灌、移动式滴灌、移动式喷灌机喷灌等,既可根据降水利用情况,机动灵活进行补灌,又可在不灌时方便保管维护。

4) 有限补灌制度。由于半旱地农业受到水源制约,只能进行有限补灌。在供水条件无法满足作物全生育期需水要求的条件下,如何合理安排补灌时间及补灌定额,使有限的补灌水能够充分、高效地利用并达到产量或总收益最高,这就是有限补灌制度要达到的目标。在半旱地农业区制订有限补灌制度的理论依据是作物对水分亏缺反应和作物水分生产函数,如水分胁迫后蒸腾失水与干物质合成过程的相对变化、复水解除亏缺后生长过程的反弹作用和蒸腾过程的气孔调节机理等。因此,应根据作物的需水规律和不同生育阶段缺水对产量影响反应,在充分利用降水的基础上确定有限补灌制度,如在集雨补灌的地区将有限的水量用于补灌“出苗水”、“关键水”、“救命水”,在利用地表及地下小水源补灌的地区将有限水量进行抗旱灌溉或灌“保产水”、“增产水”等。

半旱地农业有限补灌综合技术模式就是根据各地不同的自然和经济条件,因地制宜地将上述4项技术措施进行组装配套、有机组合,形成一套适合当地条件的节水、高产、高效的技术体系。

3 不同类型区半旱地农业有限补灌发展模式

我国北方不同类型缺水地区的半旱地农业在自然和经济条件上有一定的共同点,但在某些方面却有着显著的差异,因此,必须因地制宜选择其有限补灌的发展模式。

1) 东北山丘平原区。包括黑龙江、吉林、辽宁三省全部及内蒙古东四盟。土地总面积115.83万 km^2 ,耕地面积为2353万 hm^2 ,其中半旱地约为1667万 hm^2 。本区年降水量为300~900mm,时空分布不均,自北向南递增,且7—9月

占全年降水量 60% 以上,而 4—5 月降水量只占全年的 10%~15%,因此,春旱严重,且持续时间长,需要补水灌溉,作物才能高产稳产。主要作物为玉米、大豆、小麦、谷子和高粱。本区半旱地农业主要是利用当地地下和地表水源,补灌出苗水、保苗水,然后充分利用后期降水,使农作物获得较高的产量。为此,应主要发展坐水种节水抗旱补灌综合技术模式、玉米补灌后覆膜节水抗旱综合技术模式和移动式喷灌抗旱综合技术模式。坐水种节水抗旱补灌综合技术模式是利用行走式注水点播机,将开沟、注水、点种、施肥、覆土一次作业完成,主要用于玉米、大豆、甜菜的抗早点灌。玉米补灌后覆膜节水抗旱综合技术模式是把“行走式”节水灌溉技术、地膜覆盖技术和玉米先进栽培技术有机结合起来的一种高度集约化经营的高产栽培技术模式。移动式喷灌抗旱综合技术模式是利用当地水源,采用轻小型移动式喷灌机具在农作物受旱时进行补灌。

2) 黄淮海山地平原区。包括冀、鲁、晋、豫、苏北、皖北及京津二市。总土地面积为 59.59 万 km^2 ,总耕地面积约为 2 747 万 hm^2 ,其中半旱地约为 880 万 hm^2 。本区年降水量一般为 500~900 mm,年降水量约为 70%~80%,集中于 6—9 月,春旱十分严重,发生的概率在 80% 以上。主要作物为小麦、玉米、棉花、油料和蔬菜及林果等。本区半旱地农业主要是在丘陵山区发展集雨或小流域集水补灌,在平原地区利用当地水源和引黄补灌地下水发展抗旱补灌,通过灌“关键水”、“增产水”,满足农作物关键生育期的需水要求。为此,本区宜发展移动式喷灌、移动式软管灌等节水抗旱综合技术模式。该模式是结合抗旱保墒措施,在丘陵山地采取山脚打井、山腰建池或在河沟进行梯级拦蓄和建设高位水囤,提水上山进行抗旱喷灌或管灌;在漫坡漫岗地,以小流域治理为重点,建蓄水工程发展抗旱喷灌或管灌;在平原补源区,合理布局浅井,连片发展抗旱喷灌和管灌;在一家一户分散经营地区,采用集蓄雨水建水窖、水池或利用灌区的回归水打浅井,根据农户经济实力和拥有的农田面积,使用软管输水灌溉或轻小型喷灌机喷灌。

3) 内蒙古草原区。包括内蒙古自治区中部的 41 个旗(县)、市,总土地面积为 40.13 万 km^2 ,其中可利用草场为 2 833 万 hm^2 ,是我国重要的畜牧业基地之一。本区耕地面积约为 167 万 hm^2 ,其中半旱地约为 153 万 hm^2 。本区年降水量为 300~

430 mm,年蒸发量为 500~2 400 mm,由于降水时空分布不均,且蒸发量大,干旱是本区农牧业生产的最大自然灾害。本区为农牧结合区,作物大部分分布在丘陵坡地上,半旱地农业补灌的重点是结合饲草料基地建设,对饲草、玉米、马铃薯、胡萝卜、甜菜等作物进行抗旱补灌。因此,可集蓄当地的降水或利用当地有限的地表水和地下水发展家庭草库伦节水抗旱补灌模式、“五个一”节水补灌综合技术模式以及太阳能、风能提水补灌技术模式等。家庭草库伦节水抗旱补灌模式主要是在一些地下水埋深较浅的沙质草场或居住相对分散,出水量较少的高平原地区,以户为单位,在自家承包的草场内,选择水土资源条件相对较好的地区,进行小面积灌溉饲草料地建设,采用低压软管输水补灌,或采用轻小型移动式喷灌机补灌。“五个一”节水补灌综合技术模式即每牧户牧民在自家承包的草场内打 1 眼机电井,建设 1 块 2.7~3.3 hm^2 的节水灌溉饲草料地,建 1 座水塔,修 1 座青贮窖,建 1 座舍饲暖棚以及配套围栏、防护林带等,采用低压软管管输水补灌,或采用轻小型移动式喷灌机补灌。太阳能、风能提水补灌技术模式是指采用太阳能或风能发电装置,修建蓄水及输水工程,采用移动式喷灌或低压软管输水灌溉技术对饲草料进行补灌。

4) 西北黄土高原区。西北黄土高原泛指陕甘秦岭以北、内蒙阴山以南、宁夏贺兰山、青海日月山以东、山西太行山以西的广大地区,是我国最大的黄土高原,地跨青、甘、宁、蒙、晋、陕、豫等七省(区)。总土地面积为 66.1 万 km^2 ,耕地面积为 1 233 万 hm^2 ,其中半旱地约为 853 万 hm^2 。黄土高原属大陆性气候,降雨稀少,多年平均降水量由西部的 200 mm 向东渐增至 600 mm,其中 70%~80% 集中在 7—9 月,且多以暴雨或雷阵雨形式出现,对土壤补给的有效降水很少。因此,黄土高原区十年九旱,春旱、伏旱、秋旱经常出现。本区的主要作物为小麦、玉米、棉花、杂粮、果菜等。本区半旱地农业有限补灌模式以集蓄雨水发展节水补灌“出苗水”、“保苗水”和“关键水”为主,该模式是根据西北地区水土资源和农业生产特点,采取结合小流域治理的集雨节水补灌、坡面集雨与林草建设节水补灌、道路路面集雨节水补灌、土圆井水源节水补灌、庭院经济集雨节灌、旱作农田就地拦蓄集雨节灌等技术集成,发展集蓄雨水进行节水高效的补灌来实现雨水高效利用,提高农产品产量和质量。节水补灌方式常用

低压软管输水地面灌、移动式喷灌和微灌、坐水点灌等。在灌区的边缘也可利用灌溉回归水打浅井,采用低压软管输水灌、移动式喷灌等发展抗旱补灌“关键水”、“增产水”。

4 北方缺水地区半旱地农业发展有限补灌的策略

4.1 针对半旱地农业特点制订有限补灌发展规划

半旱地农业是能利用集雨或当地小水源进行有限补灌的农业,它与传统的旱地农业和灌溉农业有所不同,必须根据其特点制订可行的发展规划,避免产生盲目性。半旱地农业建立在高效利用当地降水的基础上,当降水不能满足作物关键生育期需水时,可采用有限的水源进行补灌,以使农作物获得较高的产量。因此,适宜发展半旱地农业的地区应具有3个必要条件:一是有适用当地条件高效利用降水的农艺技术可应用;二是有修建集雨工程或当地小水源工程的条件;三是有适宜补灌的设备和技術。我国北方缺水地区的半旱地面积虽然很大,但由于自然和经济条件的制约,有相当部分难以修建集雨工程或当地小水源工程,只能发展旱地农业,而另有少部分由于经济能力和技术水平的提升,可以在未来发展成灌溉农业。在制订有限补灌发展规划时,应坚持以水定需、以经济定规模的原则,确定适宜发展半旱地农业的地域,因地制宜统筹考虑集雨和当地小水源的承载能力,投入水源工程与补灌设施的经济能力,以此确定有限补灌的模式和发展规模。

4.2 加强对提高水分利用效率的农艺技术措施研究与推广

半旱地农业是立足于提高水分利用效率基础上的农业,既要提高降水又要提高补灌水的水分利用效率,达到节水高产高效的目的。提高水分利用效率必须采取适宜的节水高效的农艺技术措施,对于这些技术措施我国已开展过大量的研究,取得了诸多成果,不少技术措施已趋于成熟,在推广应用中发挥了显著作用。但是仍有一些关键技术问题需要研究解决,如建立节水型农业结构,使抗旱节水作物在种植体系中占到一定比例,科学确定一个地区的复种指数;采取适应性种植技术,根据降水时空变化确定实行旱作或灌溉的适宜时机;依据作物需水规律的详细资料,运用信息技术进行精确控制灌溉,将灌溉定额降至最低限度;应用基因工程和常规育种相结合的方法培育耐旱和高水分利用效率的新品种

等^[1]。笔者认为其中最主要的是既耐旱又高水分利用效率的高产品种培育,这也是一个永恒持续研究的课题。纵观我国农业技术发展的历史,无一不是围绕着作物品种这个命题展开的。我国农作物的单产和总量不断攀升,其中品种改良的贡献率最大。就农业生产而言,从最初的大水大肥低产到现在的节水节肥高产,都是围绕着品种改良后,通过研究开发出适宜该品种成套的节水节肥的高产栽培技术措施而取得的。

4.3 选用经济实用的补灌设备和节水高效补灌技术

半旱地农业的有限补灌主要依赖当地的集雨和地表及地下小水源,受气象因素影响很大,不但供水总量小且保证率也低。因此,每年可补灌的次数很少,一般只能补灌“出苗水”、“救命水”或“关键水”。由于补灌设备利用率很低,从经济上考虑不宜采用永久固定的补灌设施,如防渗渠道输水灌溉、地埋低压管道输水灌溉、固定式喷灌或微灌等。众所周知,要对农作物进行灌溉就必须有灌溉设施,把灌溉水从水源输送到田间灌入作物根层的土壤中。灌溉设施的投入费用和维护费用直接影响到投入产出效益,据有关统计分析,防渗渠道输水灌溉的全国综合平均单价为11 970元/hm²,地埋低压管道输水灌溉为12 450元/hm²,喷灌(不含水源工程)为15 525元/hm²(其中固定式喷灌为24 465元/hm²、大中型机组式喷灌为14 760元/hm²、小型机组式喷灌为3 735元/hm²),微灌(不含水源工程)为16 590元/hm²(其中大田微灌为14 910元/hm²、设施农业微灌为26 655元/hm²、林果微灌为23 385元/hm²),如果加上每年的维护费用,则所需投入更大。半旱地农业有限补灌的产出效益要比灌溉农业产出效益低,如遇到连续干旱年,其补灌设施往往由于无水可补,产出效益更低。因此,宜选用移动式的补灌设备,同时为了高效利用补灌水,必须采用节水高效的灌溉技术,如低压移动软管浇灌或点灌、坐水种机具点灌、移动式喷灌或微灌等,这些移动式节水灌溉设备一般每公顷只需投入几百元到几千元。

4.4 创建半旱地农业发展有限补灌的保障体系

半旱地农业区一般自然条件比较差,经济能力比较薄弱,农民的文化水平比较低。因此,要发展半旱地农业有限补灌,必须创建一套包括投入、管理和技术服务在内的保障体系。由于这类地区农民收入

一般较低,投入补灌工程能力有限,国家应该加大投入的力度。为了充分发挥投资效益,可采取直补材料设备的办法,鼓励农民发展半旱地农业有限补灌。半旱地农业地区一般也是劳务输出量大的地区,据农业部门有关统计,随着“打工潮”的出现并不断壮大,大量农村青壮年和知识层次较高的劳动力向城市转移。目前中国从事农业生产的劳动力平均年龄在50岁以上,其中经济发达地区务农的农民年龄已接近60岁,“老人农业”现象已成为困扰中国农业发展的现实问题。这种“老年农业”现象直接引发了3个问题:一是农业生产进度时常受到影响;二是传统精耕细作的生产方式逐渐被“懒人农业”替代;三是农业生产新技术、新设备推广应用难。半旱地农业区这种现象估计也很严重,为此,可采取:a. 鼓励土地流转,发展适度规模经营,减少农业生产的劳动力需求量;b. 建立半旱地农业有限补灌专业服务

队,改变传统一家一户的农业经营方式,由具有一定专业知识的基层农技人员来管理;c. 研究开发操作简单“傻瓜”式的节水高效补灌设备,农民只需按一两个键就能完成补灌作业。与此同时,各地的灌溉试验站、乡镇水利站、补灌设备生产企业都要积极对半旱地农业发展有限补灌进行指导和提供技术服务。

参考文献

- [1] 山 仑. 发展半旱地农业缓解我国北方缺水压力[J]. 科技导报,2011,29(23):68-69.
- [2] 北方旱地农业类型分区及其评价课题协作组. 北方旱地农业类型分区及其评价[R]. 中国农业科学院农业自然资源和农业区划研究所,1986.
- [3] 中国农业水利简明区划编写组. 中国农业水利简明区划[R]. 1981.

Probe into semi-dryland agriculture limited supplemental irrigation model in the water deficit areas of North China

Li Yingneng

(Chinese Academy of Agricultural Sciences Farmland Irrigation Research Institute,
Xinxiang, Henan 453003, China)

[**Abstract**] According to precipitation use and irrigation degree, the research to the semi-dryland agriculture was conducted. The paper emphatically discussed the questions of implication related with the semi-dryland agriculture, expounded the significance of the water deficit areas of North China, and gave the semi-dryland agricultural limited supplemental irrigation technology mode. Bssed on the characteristics of the water deficit areas in North China, the model and tactics of developing semi-dryland agriculture limited supplemental irrigation in different type areas were put forward.

[**Key words**] semi-dryland; agriculture; limited supplemental irrigation; mode