

干旱地区间作种植高效节水灌溉基础问题解析

韩鹏程 杨建斌

固原市水利勘测设计院有限公司

摘要: 在干旱地区,为了提高农作物产量和经济效益,通常采用间作种植技术。但是,间作种植技术需要考虑很多问题,如作物之间的水分竞争、土壤肥力、土壤结构等。因此,需要对这些问题进行深入研究和分析,以确保间作种植技术的高效和节约用水。

关键词: 间作种植;分作物滴灌;灌溉制度;干旱地区

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.02.072

在干旱地区,由于水分缺乏、土壤肥力不足等原因,需要对间作种植技术进行优化和改进。在这个过程中,需要考虑以下几个问题:(1)作物之间的水分竞争问题。不同作物之间存在水分竞争关系,如果不能有效解决这个问题,就会导致作物之间的竞争加剧,从而影响农作物的产量和经济效益。(2)土壤肥力不足问题。干旱地区土壤肥力不足也是一个需要关注的问题。在这种情况下,需要对土壤进行改良和培肥,以提高土壤肥力和水分利用效率。(3)在干旱地区,如何合理使用灌溉水资源是一个需要解决的问题。如果不能合理使用灌溉水资源,就会导致水资源浪费和水分利用效率低下等问题。

一、作物生长特性

干旱半干旱地区的作物生长主要受以下因素的影响:降水、温度、土壤水分、光照等,其中降水对作物生长的影响最大,而气温和土壤水分的影响次之。作物对水分的利用方式主要有3种:即蒸腾作用(蒸腾和蒸发)、吸收作用(吸收和贮存)和输送作用(通过气孔、表皮等进行)。在作物生长过程中,蒸发是主要的水分消耗形式,占作物总耗水量的70%以上。但是,当作物处于生育后期时,蒸腾与吸收对水分的消耗基本相当,而输送作用却占主导地位。因此,在干旱半干旱地区,灌溉主要是为了减少蒸腾和蒸腾所消耗的水分。作物生长发育主要受到光合作用、蒸腾作用、土壤水分、光照等因素影响。在玉米田间试验中发现,玉米苗期的蒸腾速率在苗期达到最大值后就逐渐下降,而玉米生长后期蒸腾速率却急剧增加。这是因为玉米生育后期,光照条件减弱,光合产物主要靠蒸腾作用来吸收利用。作物根系对土壤水分的利用主要有2种:一是直接吸收土壤水分;二是通过根毛吸收土壤水分。由于作物根系分布深度和面积不同,其吸收能力也不同,根毛对土壤水分的利用程度直接影响作物对土壤水分的利用效率。据试验观察,玉米根系主要分布在0~20cm土层内(表1)。为了保证作物正常生长发育以及充分发挥水肥高效利用潜力,应根据土壤墒情、作物需水量、种植结构和当地气象条件等情况确定合理灌溉定额和灌溉制度。

二、土壤结构与肥力

土壤结构指土壤颗粒排列的状况,是土壤颗粒大小及其排列方式的组合。土壤结构可分为团粒结构和非团

粒结构。团粒结构是指颗粒大小相近、形状相似、排列方式相同的土颗粒结合在一起而形成的一种较大颗粒与较小颗粒组成的混合体,它能增加土壤机械强度和保水保肥能力,可防止土壤流失。非团粒结构是指大小不一、形状各异的土颗粒,它们之间由于相互胶结或粘连而形成的较大颗粒与较小颗粒组成的混合体。土壤结构对灌溉效果的影响是复杂的,可以认为是一个相对复杂的生态过程。在农业生产中,由于土壤结构形成条件和形成机制不同,对不同作物或不同阶段对水分和养分需求特性不一样,因而使灌溉技术措施对土壤结构和肥力影响也不一样。在干旱半干旱地区,由于气候干旱、蒸发量大,土壤水分亏缺严重,而且随着灌溉年限的延长,缺水矛盾越来越突出。因此,提高土壤水分利用效率、提高灌溉水的利用效率是干旱半干旱地区节水灌溉发展必须解决的一个关键问题。由于土壤结构是一个复杂的生态过程,因此对土壤结构与肥力影响研究涉及许多方面,主要包括以下几个方面。(1)土壤孔隙度、透水系数和透气系数。田间最小湿润面积即为有效灌溉面积。灌溉制度合理与否与田间有效灌溉面积有直接关系。如在山丹县间作种植高效节水灌溉中,为了减少地表蒸发、增加降水入渗和提高灌水利用率,采用间歇滴灌技术,每隔5天进行一次灌水。其田间有效灌溉面积为2,000亩左右。根据多年田间试验表明,间作种植高效节水灌溉使地表蒸发量减少了30%以上,有效地增加了土壤含水量;同时使田间湿润面积明显增加,提高了田间水分利用率。从作物产量来看,间作种植高效节水灌溉使单位面积产量增加了50~100%。(2)土壤容重及团粒结构。土壤容重反映了土壤孔隙状况和土粒间空隙大小与分布状况。土壤容重越大,孔隙度越小;反之则大。因此在干旱半干旱地区可通过减少田间持水量和提高地面蒸发量来改善土壤结构和肥力状况。(3)有机质含量及其他营养成分含量。有机质是指植物或动物死后留在土里的物质,是构成农田土壤结构和肥力的基础。有机质含量低(<1%)和有机质累积量少(<0.5g/kg)的地块是不能进行间作种植高效节水灌溉的;而有机质累积量多(>10%)和有机质含量高(>25%)的地块却可以进行间作种植高效节水灌溉。另外土壤中还含有氮、磷、钾等营养成分和微量元素。这些养分与微量元素对作物生长、产量形成及品质改善有重要作用,因此在间作种植高效节水灌溉中必须考虑养分与微量元素的合理配施,以提高灌溉水的利用效率和作物产量水平。

三、土壤水分

土壤水分是作物生长发育的基本条件,也是灌溉和施肥的关键因素。作物所需水分由根系从土壤中吸取,而土壤的水分则在一定范围内直接或间接地供给作物。在一定范围内,土壤含水量越大,根系吸收水分能力越强,作物对水分的需求就越大;而土壤含水量过小,则会导致根系吸水不足而使作物死亡。因此,合理控制灌

溉定额与土壤水分是协调间作种植高效节水灌溉制度的关键。干旱半干旱地区的灌溉制度通常是根据土壤水分状况确定的。由于不同作物对土壤含水量要求不同,所以不同作物品种在生育过程中对土壤水分需求也有较大差异,需要根据不同作物、不同生育时期和不同天气条件等来确定合理的灌溉制度。

(一) 土壤含水量与灌溉定额

土壤水分含量对作物生长发育有重要影响,对间作种植而言,土壤水分状况是确定灌溉定额的依据。在干旱半干旱地区,土壤含水量随作物生育期的推进而降低。其主要原因在于作物根系吸水能力与土壤含水量的变化规律不同,而这两种变化规律又受多种因素的影响。不同作物、不同生育时期以及不同天气条件下,土壤水分含量都不一样。因此,在确定作物灌溉定额时,必须根据实际情况进行分析计算,并考虑土壤水分状况和气象条件等因素。根据对宁夏农业气象观测资料的分析,在小麦生育期内(从出苗至小麦成熟),田间最大湿润层深度为5~10cm;玉米在出苗至拔节期内(从出苗至玉米成熟)田间最大湿润层深度为6~15cm;棉花在出苗至初花期(从出苗至初花期)田间最大湿润层深度为8~12cm。因此,在确定间作种植高效节水灌溉制度时,必须考虑土壤含水量与灌溉定额之间的关系。一般而言,当土壤含水量低于田间最大湿润层深度时,需要进行灌溉;当土壤含水量高于田间最大湿润层深度时,则可以不用灌溉。

(二) 不同作物的耗水规律

不同作物对土壤水分的要求有很大的差异,在作物生育期内,一般需要消耗土壤水60%~80%,但对不同作物来说,耗水规律是有差异的。一般讲,禾谷类作物的需水规律较为明显,如小麦、玉米、谷子等,需水量约占其全生育期需水量的50%以上;而大豆、花生等需水规律则相对较弱。但不论哪种作物,对土壤水分的需求也有较大差异,一般在拔节期以后需水量明显增加。这主要是由于在玉米拔节期以前,根系正在迅速生长发育;而拔节期以后,根系开始逐渐死亡。在花生生育后期至成熟前,其耗水规律与禾谷类作物基本相似。因此在农业生产中应注意根据作物的耗水规律来安排灌溉制度。不同作物耗水量与生育期、土壤含水量和降水等因素有关。如大豆需水量与生育期、土壤含水量密切相关;而玉米、谷子、高粱等需水规律则较为复杂,需根据其不同生育期所需水分情况来确定灌溉制度。因此,应根据当地实际情况选择合适的作物品种和确定适当的灌溉定额来指导当地的农业生产。

四、土壤温度

灌溉过程中的土壤温度变化主要是通过影响土壤水、热运动而实现的,同时也影响着作物根系活动、生长以及光合作用。土壤温度是作物生长发育的重要环境因子,对作物产量和质量的形成起着重要作用。灌溉后土壤温度可在短时间内迅速升高,甚至达到数小时,其升高速度取决于土壤水分状况、作物种类、灌溉方式及灌水量。这一特点对间作种植高效节水灌溉技术的应用效果具有重要影响。研究表明,灌溉后土壤温度在0~30cm深度范围内变化较小,但在0~60cm深度范围内变化较大。土壤温度主要受空气温度的影响,空气温度

与土壤温度有一定的正相关关系,在土壤水分充足时,空气温度较高,有利于土壤水分的蒸发。空气温度还受太阳辐射、气温和大气湿度的影响。在光照条件下,0~30cm深度范围内空气温度较高,有利于作物光合作用的进行。空气温度较高时,作物根系活动就相对活跃;在水分充足时,根系活动也相对活跃;当土壤水分达到一定程度时,根系活动趋于停止。由于灌溉导致了土壤热量平衡的变化,从而引起了空气温度和土壤温度的变化。随着灌溉时间的延长和灌水次数的增加,土壤热量散失减少,土壤温度上升速度加快。在干旱地区、半干旱地区和绿洲边缘地区,由于降雨少、蒸发强烈、气温较高等原因,白天作物叶片蒸腾耗水大且快;夜间地面散热快、蒸发慢,白天作物叶片蒸腾耗水小且慢。当灌溉结束后,土壤热量散失减少较快;空气温度下降较快;作物根系活动减弱;灌溉水的蒸发量减少;地表温度下降较慢。随着灌溉时间延长和灌水次数增加,作物根系活动逐渐减弱、停止;地表温度下降逐渐变慢、变缓。因此说灌溉后土壤温度变化主要受空气温度影响。由于不同作物对空气温度的要求不同(玉米、小麦和棉花对空气温度要求高),因此在灌溉过程中应根据具体作物对空气温度的要求确定合适的灌水定额。对于间作种植高效节水灌溉技术来说,在当地主要以棉花为主要作物时,灌水定额不应超过 $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ (棉花需水量为3~4天/株)。由于滴灌技术是根据作物需水量确定灌水定额,因此滴灌技术可以将灌水定额控制在较小的范围内($5 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$)。在其他情况下(如滴灌技术不能有效控制田间持水量时),其灌溉定额就应该相对较大($10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 以上)。随着作物生育期的推进,根系生长逐渐加快、地上部分茎叶生长逐渐减慢并出现衰老现象。为了维持植株较高的光合速率、光合面积和光合产量,应通过灌水来控制地上部分叶片和根系的生长速度及叶片气孔导度、蒸腾速率等生理指标的变化过程。当作物进入旺长期(开花一结荚期)后,其冠层平均净光合速率将达到最大值或出现最小值。此时地表温度较高且水分充足、空气温度低、蒸腾速率低;如果此时不采取灌溉措施则作物就会发生早衰现象。在不同生育时期对土壤温度的要求不同,其灌溉定额也应有所不同。棉花苗期是作物生长发育最旺盛的时期;玉米苗期则是生育中后期;棉花盛花期以前、玉米盛花期以后则是生育后期。这3个时期对土壤温度要求都比较严格。通过对间作种植高效节水灌溉技术灌溉前、灌溉中和灌溉后土壤温度变化情况表明:当灌溉量一定时,随着灌水次数的增加土壤温度下降速度加快;当灌水量一定时,随着灌水次数的增加土壤温度上升速度也加快。因此在不同时期和不同种植制度下采用间作种植高效节水灌溉技术都能够有效地控制田间持水量、缓解土壤水分亏缺、提高作物生长速度和产量、改善作物品质等。

五、降水状况

干旱半干旱地区农业生产过程中,降水是最主要的限制因子。降水的多少和分布状况,直接决定着农业用水的多少和利用的效果。在自然条件下,降水受地形、地貌、土壤、植被和人类活动等因素影响,存在明显的空间分布差异。由于人类活动和自然因素对降

水的影响,使降水的空间分布更具复杂性,使得干旱半干旱地区农业用水问题更趋严重。降水对农业生产有着极其重要的作用,但降水对农业生产影响有其阈值。一般认为,降水量小于50mm时,作物生长发育就会受到抑制;在降水50~500mm时,作物产量达到最高;在降水500~1000mm时,产量会有所下降。所以干旱半干旱地区农业生产活动应充分考虑降水与作物生长发育之间的关系,在一定范围内将降水量控制在一个适宜值($\geq 50\text{mm}$)。干旱半干旱地区年降水量分配不均,主要集中在6~9月。年降水量主要集中于6~9月,占全年总降水量的80%以上。降水分布不均会导致农业生产条件恶化、生态环境恶化和社会经济发展滞后。因此要特别重视6~9月降水对农业生产和社会经济发展的影响。据统计,我国年降水量分布不均的地区约占全国总面积的60%。从全国范围看,黄河流域和长江流域是我国降水量最多的地区。从降水分布来看,西南和东南两个地区是我国最大的两个降水区;而西北地区则是我国降水量最少的地区。由于降雨集中在7~9月,因此7~9月成为我国农业生产中最重要的、也是最严重的时期。由于降水分配不均导致农业生产条件恶化和社会经济发展滞后,成为影响农业生产和社会经济发展的主要因素之一。由于降水量分配不均产生的气候变化、水循环过程及其他自然因素导致农业生产条件恶化、水资源短缺等问题日益突出。因此在干旱半干旱地区大力开展高效节水灌溉技术研究与应用是解决问题的关键技术之一。间作种植高效节水灌溉技术是以土壤水分为主要控制因子、以作物需水量和灌溉水量为主要控制对象,在满足作物正常生长发育需求条件下,充分利用有限水资源进行灌溉管理的一项综合技术措施。间作种植高效节水灌溉技术可有效提高水分利用效率和水分生产效率,同时还可改善作物生长环境和土壤水环境,提高农业生产水平和社会经济发展水平。

六、生态环境因子

(1) 土壤水分状况:土壤水分是作物的主要限制因子,一般情况下,作物吸收的水分总量中约80%~90%由土壤水分供给。因此,土壤含水量直接影响作物对水的吸收和利用。(2) 作物营养状况:作物所需的营养物质主要来自土壤,其来源可分为两部分,一部分是从大气中直接吸收的水分和养分,另一部分是通过根系吸收、根系向地上部运输和光合作用制造的有机物质。

(3) 农田小气候:包括空气湿度、温度和太阳辐射等。空气湿度对作物的生理过程起着重要作用;温度不仅影响作物的生长,而且直接影响作物的产量和品质。太阳辐射对作物光合作用起着重要作用,它不仅能为植物提供光能,而且可以改变光能的分布。

(一) 土壤水分状况

土壤水分状况对作物生长、发育及产量都有很大影响,但土壤水分是作物生长发育的限制因子,因此在一定范围内,土壤水分状况与作物产量呈正相关。土壤水分状况受气候、地形和耕作方式的影响。由于干旱少雨,因此农田土壤含水量低,同时,由于农田的生产条件限制,作物根系分布的范围狭窄,在一定范围内其根系对水的吸收能力是有限的,因此水分胁迫就成为限制作物生长和产量的重要因素。在相同条件下,水势较高

的土壤(如旱地、水田)含水量大,而水势较低的土壤(如地下水位较高的沙壤)含水量小。不同作物对土壤水分的利用方式也不一样。例如玉米主要是靠根吸水来进行水分利用;小麦是通过蒸腾作用和根毛吸水来进行水分利用;谷子主要是通过根系吸收、蒸腾、蒸腾消耗以及根呼吸等作用来进行水分利用。由于各种作物对土壤含水量的要求不同,因此在灌溉时应根据不同作物的需水规律和特点以及土壤状况来确定灌溉水量。

(二) 作物营养状况

(1) 作物根系生长发育:作物根系主要是吸收土壤中的水分和养分,同时也对其生长发育起着调节作用,其生长发育与土壤水分、温度、空气湿度等密切相关。对于水分条件来说,土壤持水量影响到作物根系的生长与分布,同时也影响到作物对营养物质的吸收。土壤持水量小,养分不足,作物生长发育不良;反之,则生长发育良好。因此,土壤持水量是影响作物生长的重要生态因子之一。(2) 植物体内水分含量的变化是通过其叶片气孔的开闭和蒸腾作用来完成的。通常情况下,植物体内水分含量越高,叶面积越大,其蒸腾作用越强;反之,其蒸腾作用则越弱。植物水分含量受气象因素影响较大,干旱天气下植物蒸腾作用较强;而在多雨季节则反之。因此,在不同气候条件下,作物叶片蒸腾作用对水分含量的变化有很大影响。土壤中所含养分直接影响到作物的产量和品质。氮、磷、钾等元素是作物生长发育过程中必需的营养元素,如果缺乏这些元素便会导致植株矮小、叶片发黄甚至死亡。氮、磷、钾等元素在作物体内含量通常呈正相关关系;钾元素与产量有明显的正相关性;而钙、镁等元素则对作物生长起着调节作用。因此在实际生产中应注意补充这些营养元素。

结束语

综上所述,干旱地区间作种植高效节水灌溉基础问题解析,主要介绍了干旱地区间作种植高效节水灌溉的优势、可行性以及相关基础问题的分析。在实际应用中,需要结合当地实际情况和实际需求,充分考虑土地资源、气候条件、作物生长状况等因素,选择适合当地的高效节水灌溉方式。同时,需要加强对水肥管理、病虫害防治等方面的研究和探索,以确保作物得到有效的管理和保护。总之,干旱地区间作种植高效节水灌溉基础问题解析,为干旱地区农业生产提供了重要的指导和借鉴作用。

参考文献

- [1] 史晓巍. 甘肃引黄灌区枸杞豆科牧草间作节水增产效应研究[D]. 甘肃农业大学, 2018.
- [2] 朱倩. 种植模式、作物组合和物种多样性对半干旱区旱地农田生产力的效应[D]. 兰州大学, 2017.
- [3] 蔡莉娟. 一膜二年覆盖玉米间作豌豆水分高效利用的驱动机制[D]. 甘肃农业大学, 2017.
- [4] 张作为. 盐渍化地区间作农田节水增产机理及优化灌溉制度研究[D]. 内蒙古农业大学, 2016.
- [5] 柳欣茹. 灌漠土间作和施磷对作物产量和土壤肥力的影响[D]. 石河子大学, 2016.
- [6] 苏德荣. 干旱地区间作种植高效节水灌溉基础问题研究[D]. 中国科学院研究生院(寒区旱区环境与工程研究所), 2001.