

膜下滴灌技术及其发展趋势分析

戴婷婷,张展羽,邵光成

(河海大学现代农业工程系,江苏 南京 210098)

摘要:分析了膜下滴灌技术在我国农业节水灌溉中的应用。着重分析了膜下滴灌技术的特点;重点探讨了国内外对膜下滴灌技术研究的最新动态及未来发展趋势;提出了膜下滴灌技术存在的不足以及理论及技术研究方向,展望了膜下滴灌技术未来发展前景。

关键词:膜下滴灌;发展趋势;最新动态

中图分类号:S275.6 文献标识码:A

膜下滴灌技术是将滴灌技术与覆膜种植相结合,通过滴灌枢纽系统将水、肥、农药等按作物不同生育期的需要量加以混合,借助管道系统使之以滴状、均匀、定时、定量浸润作物根系发育区域的一种高效节水灌溉。膜下滴灌技术研究在许多方面取得了突破性进展,在我国新疆,到2004年膜下滴灌面积已经推广20万 hm^2 以上,在黑龙江、甘肃等省膜下滴灌也已经得到较大规模的推广。

1 膜下滴灌的主要特点

膜下滴灌有效的改善了土壤水、热、气、肥条件,较滴灌等节水灌溉技术有了更高的水分利用率,尤其适应于我国西部干旱地区推广应用。

1.1 膜下滴灌的优点

(1)高效节水。采用膜下滴灌,塑膜覆地能抑制作物的棵间蒸发,同时还具有普通滴灌技术的优点,大大提高了水的利用率。膜下滴灌的平均用水量是传统灌溉用水量的 $1/8$,是喷灌用水量的 $1/2$,是露地滴灌用水量的 70% 。

(2)抑盐。土壤盐渍化的根本问题在于含有盐分的水在土体中运动。所谓“盐随水来,盐随水去”。所以控制地下水位不上升或降低地下水位是解决土壤盐渍化的关键。膜下滴灌在灌溉过程中使土壤中的盐分随水逐渐消散,可以淋洗作物的主要根系,起到驱盐的目的。由于覆膜作用,大大减少了土壤中水分的蒸发,防止了地下水盐分上移,有效的阻止了土壤蒸发水分后的返盐现象,起到了抑盐的作用。

(3)增温、保湿,形成良好的作物生长环境。在地面覆膜能够增加土壤的温度,水分不被蒸发,更好的保持土壤的热量平

衡,使土壤中有较高的含水量。为作物提供了有利于生长的温度和湿度条件。

(4)增肥、保肥。膜下滴灌能保持土壤的疏松和通透性,而且,在地面覆膜可以湿润作物浅层土壤,给土壤中的微生物提供繁殖和活动的条件,促进有机物的分解和合成,增加土壤活性,提高土壤肥力。同时,覆膜可以减少肥料因日光照射或降雨冲刷而引起的流失,具有保肥的作用。

(5)节约农药,抑制病虫害的传播,抑制杂草生长。农药随管道经滴头隐蔽施药,避免农药因日光照射而变质、挥发。而且可以保护人、畜及害虫的天敌不受误伤。由于农药随水在封闭的环境下运行,保持滴灌作物周围土壤干燥,无法滋生病菌,避免了病虫害的传播。地面覆膜可以抑制杂草繁衍,减少杂草的耗水。

(6)增产、增收。膜下滴灌与普通滴灌相比,具有更好的水、土、肥、热环境。保证作物得到充分、及时、适量的水分和养分,抑盐、脱盐,使土壤疏松、透气。对作物生长的整体环境起到正面作用,能促进作物增产、增收。

1.2 膜下滴灌发展中面临的问题

(1)次生盐碱化。虽然膜下滴灌能抑盐、淋洗耕层盐分,但在一些地区和特定的气候条件下,长期使用膜下滴灌可能会导致农田地下水位上升,造成土壤次生盐碱化现象。例如我国新疆,典型的大陆型气候,由于长期膜下滴灌部分土壤已经发生了次生盐碱化。针对此问题,有科学家建议采用“播前沟灌+滴灌”的灌溉模式,即进行一次播前储备灌溉,可以使耕层中的盐分被淋洗到根区以下,避免次生盐碱化对作物造成不良影响。

(2)缺乏合理的膜下滴灌灌溉制度。我国使用的膜下滴灌灌溉制度是普通滴灌灌溉制度,由于覆膜与不覆膜条件下的作物耗水强度、作物需水量等指标都存在明显差异(如覆膜条件下的作物耗水强度只考虑叶面蒸腾和部分裸土的水分蒸发量),如果用普通滴灌灌溉制度来计算膜下滴灌灌溉,会使设计灌水定额偏大,灌水周期偏长,一次灌水延续时间偏长,这样不利于作物的高产。

(3)塑料膜污染严重。在大量塑料膜的使用过程中,存在不能完全回收的问题。有一些滞留在土壤里,引起土质退化,破坏土壤结构,使水分滞留不能均匀分布,从而造成土质恶化,作物减产。

(4)一次性投资较大。初始田间投资每公顷一般为0.45万元左右,加上每年需要更新一次滴灌带和维护维修费用。这对我国广大农民来说是不小的投资。所以,膜下滴灌在我国只是用于少数的高附加值经济作物,没有得到大面积推广应用。

(5)膜下滴灌不适合密植撒播作物。膜下滴灌适用于行距较宽的大块条播作物,如棉花、葡萄等,不适合耕种像小麦之类的行距窄的作物。

2 膜下滴灌技术研究的最新动态及发展趋势

2.1 膜下滴灌理论研究

(1)制定和完善一套合理精准的膜下滴灌灌溉制度。覆膜条件下的滴灌灌溉制度与普通滴灌有明显的不同。例如,在覆膜条件下的滴灌耗水强度明显低于不覆膜条件下的耗水强度,仅此一点就足以引起设计灌水定额、灌水周期的差异。而覆膜条件下的滴灌耗水强度受覆膜率的影响很大,所以如何依据不同作物的需求,准确的制定覆膜率,测得精确的耗水强度,如何制定出精准的灌溉制度是一个前沿问题。

(2)研究膜下滴灌条件下 SPAC 系统耦合规律。地表覆膜提高了土壤地温,强化了土壤的汽化过程,土壤水不能直接蒸发到空气中,而是以水蒸气的方式覆在地表,这使水气的运移规律发生变化。覆膜使得地面与地中的温度梯度增加,造成水分上移且无法散失,所以在膜下形成“小循环”即“凝结—汽化—凝结—汽化”。这种小循环对作物的根系发育、需水规律等都会产生影响。所以,如何利用膜下滴灌条件下的土壤水分运移规律抑制土壤的盐碱化问题,使作物获得高产是目前国内外研究关注的问题。

(3)研究膜下滴灌条件下的土壤水热动态变化规律。由于覆膜与不覆膜相比,地表净辐射下降,显交换减弱,潜交换趋于零,且土壤的热传导方式和速度减慢,所以地面的覆膜率直接影响到地温和土壤水分的分布。依据不同作物对土壤水热要素及其变化的需求不同,设计适应的覆膜率以促进作物生长也是一个研究热点。

(4)继续深入研究水肥耦合和施肥技术。研究膜下滴灌的作物阶段性需水,阶段性需肥规律及水肥耦合理论。在水分、养分交互作用的基础上,提出建立适合作物生长的水肥高效组合模式。针对不同作物的生理特性和当地的气候条件、土质情况计算出合理的水肥配合比(有些作物的水分增产空间较高,有些作物的养分增产范围宽裕)。寻找比较经济有效的生产要

素组合。

(5)研究膜下滴灌田间小气候的特性和规律。膜下滴灌田间小气候主要考虑温度、湿度和光照强度三方面因素。由于膜下滴灌田间通风透光效果好,地温上升快且稳定,日光充分时作物光合作用加快,在阴雨条件下作物呼吸作用消耗少。膜下滴灌的温度变化与普通灌溉不同,日光充分时田间湿度小,作物蒸腾大,在阴雨条件下作物呈低呼吸强度,而这一点与普通灌溉相反。这对研究膜下滴灌的作物生长机理有着重要意义。

2.2 膜下滴灌技术改进

(1)采用有机膜料代替无机膜料。从可持续发展的角度思考,塑料膜存在着难降解,回收困难,污染严重等缺点。用有机材料(如秸秆)代替塑料膜是使膜下滴灌技术得到大面积推广的趋势。秸秆覆盖是指利用农作物的麦糠、秸秆、残渣及树叶等打碎后覆盖在地面上。不仅具备塑料膜的诸多优点,而且秸秆本身就是营养价值很高无污染的天然有机肥料。从经济角度分析,农民每年在塑料膜上的投资是相当可观的,而秸秆覆盖是“取之于地,用之于地”,不仅不需投资购买,而且还可以省去处理秸秆所花费的人力、物力,避免因焚烧秸秆而引起的大气污染。

(2)增强膜下滴灌的适应性。由于膜下滴灌的投资高,如果布置好管道后,只能种植一种或一类作物就无法适应当今灵活变化的市场需求。所以要增强膜下滴灌的适应性,同样的管网可适合多种作物,多种农田,拓宽其使用空间。发展多功能化是膜下滴灌技术的未来趋势。

(3)研发自动智能化控制系统。膜下滴灌是一种精量的局部灌溉。要求对作物的需水规律、土壤特性、温度、湿度等都要严格的控制。自动智能控制可以依据作物和土壤以及气候的特性,自动调节水、肥、气、热,使其达到适合作物最佳生长的需要。

(4)研制新型的滴灌材料。目前,无论是管道、滴头还是覆盖物,都存在着塑料污染,难以及时回收的问题,还需研制出更合适的替代材料。能够保护环境,节约能量和减少投资费用的新型材料是未来研究探索的趋势。国内外的许多科研机构针对此问题进行研究,如研制全降解材料、纳米材料。不仅可以解决环境污染、废物回收等问题,而且还可以改善作物的生长环境,提高产量。同时,新材料的应用可以解决滴头易堵塞,管道耐久性差,塑膜易损害的问题。可以节约大量的资金,减少浪费,降低膜下滴灌的投资费用。值得一提的是,有的国外研究机构针对不同颜色的覆盖膜对作物需水量、生长发育快慢、需要光照时间和作物产量及质量的差异进行研究。充分利用太阳能对作物的生理影响,使作物高产。今后,环保节能型技术和材料是开发研制新型材料的重点。

3 结 语

膜下滴灌技术是目前最节水的灌溉方式之一,是对传统节水技术的提升和创新。在全球水资源日趋紧张的情况下其未来的发展空间十分广阔。从1996年膜下滴灌在我国新疆试验并取得成功以来,这项最先进的节水灌溉技术得到大面积推广。目前,膜下滴灌技术已成为节水灌溉领域的热门研究方

(下转第47页)

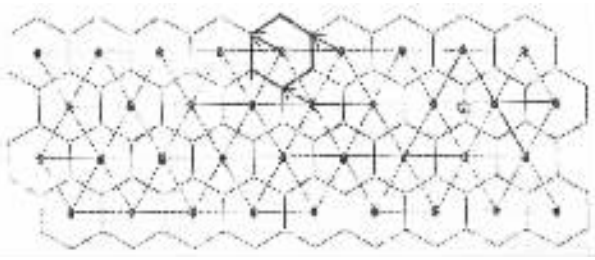


图7 平面正六边形中心点的分布

学的知识,可以推出在一定的大气压下,为了保证喷头的喷水量,每条管道只可以装有限个喷头。由于主管内径为 10 cm,因此每条管道上最多可以安装 3 个喷头,管道和喷头的形状如图 8 所示(3 个喷头分别安装在三角形的 3 个顶点)。为了完成各中心点的一次喷灌,利用计算机搜索平面上顶点互不重合的所有正三角形(忽略边缘),记录下这些三角形的中心点坐标,此时管道将沿着坐标的轨迹移动。这样,就完成了平面的一次喷灌。其中,平面内顶点互不重合的三角形为图 9 所示阴影部分。



图8 喷头与管道的设计图

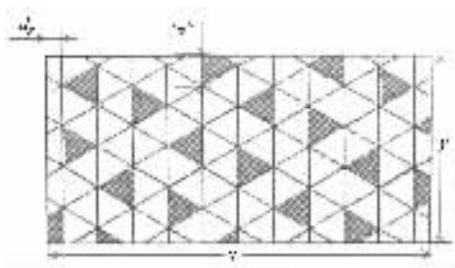


图9 管道移动示意图

第二步:一次喷灌只能实现平面的每一处都有水分,但水量的分布却是严重不均匀的。上面已分析,只有在正六边形的一个中心点和六个顶点全都喷完后,系统才会达到尽量均匀的效果。在这里,定义六边形所有中心点的连线组成网格 B (如图 7 所示)。将网格沿着上述箭头方向移动距离 R 后,会发现原来位于中心点上的喷头移到了六边形顶点上,此时每一个正六边形上有三个对称的喷头(边缘忽略)。然后,按照第一步的方式进行喷灌,直到平面上所有的喷灌点喷完为止。

第三步:若将网格 B 的箭头沿相反的方向移动,则中心点移动到六边形另外的三个顶点处,此三个顶点与第二步中的三个顶点恰好为六边形的六个顶点。此时,仍然按照第一步的方式进行灌溉。这样,七个喷头的喷灌过程就全部完成了(这里假设各喷头喷灌时间相同)。

第四步:利用计算机对上述步骤进行系统仿真,画出不满足灌溉要求的边缘部分。之后,可以根据边缘的特点,适当安置一些固定的喷头。此时,对边缘部分的喷灌就只是一个时间控制的问题了。

4 结 语

由上面的分析可见,基于分形理论设计的灌溉系统能较好地解决水量的均匀分布及水资源的利用率问题,同时还有效地节省许多灌溉时间。当管道的设计合适时,可以实现灌溉时间的最短。通过一定的算法设计,可以实现系统的自动控制,具有较强的可行性。

参考文献:

[1] 郑耀泉. 喷灌微灌设备使用与维修[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.
 [2] 吴普特,牛文全,郝宏科. 现代高效节水灌溉设备[M]. 北京:化学工业出版社,2002.
 [3] 陈 颢,陈 凌. 分形几何学[M]. 北京:地震出版社,2005.
 [4] 张元佳,张玉先. 分形理论对预处理后颗粒的研究[J]. 苏州科技学院学报,2005,18(5):48-52.

(上接第 44 页)

向。但该领域仍未形成系统的技术体系和标准,在生产应用中仍存在不少深层次理论和技术问题,针对膜下滴灌本身的不足和缺陷,加强理论及技术攻关,开发研制、改革创新适合我国国情的膜下滴灌技术是节水灌溉的前瞻性工作。

参考文献:

[1] 员学锋,吴普特. 秸秆覆盖保墒的农田生态效应及“保墒灌溉技术”[A]. 中国农业工程学会 2005 年学术年会论文集(第二分册)[C].
 [2] 聂元森,毛丽娟. 膜下滴灌设计与运用方案解析[J]. 黑龙江水利科技, 2003,(2).
 [3] 张振华,蔡焕杰. 膜下滴灌棉花产量和品质与作物缺水指标的关系研究[J]. 农业工程学报, 2005,(6).
 [4] 盛国成. 膜下滴灌技术的应用与推广[J]. 农机质量与监督,2003,(4).

[5] Mahbub Alam and Rick Zimmerman. Plastic mulch and drip irrigation effects on Kabocha squash yield and soluble solids content [A]. Proceeding of International Conference on Water-saving Agriculture and Sustainable Use of Water and Land Resources [C]. Xian: Shanxi Science and Technology Press, 2003.
 [6] 夏智讯. 节水农业技术研究成果[M]. 北京:中国水利水电出版社,2002.
 [7] 雷咏雯,郭金强. 棉花膜下滴灌水氮耦合的初步研究[J]. 石河子大学学报,2005,(2).
 [8] 苏 军. 棉花膜下滴灌技术在石河子市的应用研究[J]. 节水灌溉,2005,(5).
 [9] 马富裕,周治国. 新疆膜下滴灌技术的发展与完善[J]. 干旱地区农业研究,2004,(9).
 [10] 郑 重,马富裕. 棉花膜下滴灌决策支持系统研究[J]. 中国农学通报,2004,(6).