

宁夏引黄灌区苜蓿地下滴灌设计应用及效益分析

罗效斌

宁夏农垦勘测设计院(有限公司) 宁夏 银川 750011

摘要: 地下滴灌由于适应性强,灌溉均匀度高,节水、节肥、省工等优点,是种植苜蓿最适宜推广的灌溉方式。在总结近年宁夏引黄灌区已实施苜蓿地下滴灌基础之上,以简泉农场为例,分析了地下滴灌系统的组成、设计原则及主要参数的选定,参考已实施项目运行情况选择滴头流量及滴头间距等设计参数。分析了地下滴灌设计中容易忽视的环节,以期为首蓿地下滴灌发展提供设计经验。

关键词: 地下滴灌;苜蓿;设计

苜蓿中蛋白质、维生素等营养物质含量丰富,是一种优质的饲草作物。宁夏引黄灌区四季光照充足、温度适宜,非常适合苜蓿的种植,目前苜蓿种植面积约1.3万 hm^2 ,对该区域畜牧业的快速发展具有重要意义。宁夏引黄灌区主要依靠黄河来水,随着农业用水指标限制,水资源成为限制饲草产业发展的主要因子^[1]。地下滴灌是将水分通过滴灌管上的灌水器缓慢的渗入周围土壤,借助土壤毛细管作用和重力作用将水分扩散到整个根层供作物吸收利用,地下滴灌作为最高效的微灌技术之一,具有适应能力强,灌溉均匀度高,节水省肥等优点,减少了灌溉水的无效蒸发,可以极大提高水资源利用效率^[2]。畅利毛等^[3]利用大田试验探索了砂土地区苜蓿适宜滴灌的滴头流量、滴灌带埋深、灌水定额等组合,取得了优化的滴灌灌水策略。苗庆远^[4]利用数值模拟的方法优化了荒漠苜蓿的滴灌灌溉制度,显著提高了灌溉水利用效率和苜蓿产量。陈永岗^[5]通过对比苜蓿产量和品质,对滴灌带的埋深深度和间距进行优化组合,提出了经济高效的滴灌带铺设方式。由此可见,滴灌带的布设和灌溉参数对滴灌灌水质量和灌水效率具有很大的影响,合理的滴灌设计和灌溉制度不仅能显著提高水分生产效率,同时还具有省工、节水、增产的作用。但是,宁夏引黄灌区由于种植习惯、水源特征等原因,地下滴灌发展较为缓慢,目前也没有成熟的设计参数供苜蓿生产参考,本文通过水力计算的方法,对适合宁夏引黄灌区苜蓿地下滴灌的布设参数进行设计,同时也利用大田试验进行验证,为该区域苜蓿地下滴灌的推广和应用提供参考。

1 研究区概况

简泉农场位于宁夏石嘴山市惠农区境内,地势平坦,土壤侵蚀度轻。干旱多风,降水量小,蒸发强烈;全年日照时间长,温差大,春季升温快但不稳定,夏季炎热;7、8、9月份雨量集中,多以阵雨及暴雨形式

出现;秋季短暂,降温快;冬季干旱、严寒,全年多风,平均风速 2m/s 。大于或等于 17m/s 的大风天数平均为 9.1d ,常伴有沙尘暴,多出现在3、4月。日照充足,年平均气温 $8.3\sim 9^\circ\text{C}$ 之间,无霜期年均 $139\sim 170\text{d}$ 。最大冻土深度为 1.0m ,年均日照时数为 $2800\sim 3100\text{h}$ 。多年平均降水量为 147mm ,7、8、9三个月降水量占全年降水量的 66.6% 。年均蒸发量为 2068mm ,为降水量的14倍。土壤母质主要是洪积、冲积物,土壤类型主要为风沙土、灰钙土。牧草产业是简泉农场主要的支柱产业,现状苜蓿灌溉方式大多采用渠道灌溉,随着全区“四水四定”实施方案的落实,走高效节水之路已经成为农场农业发展的必然选择。

2 滴灌设计与选型

2.1 苜蓿滴灌系统的组成

苜蓿滴灌系统一般由水源工程、首部泵站工程、施肥设施、田间管网组成,水源工程一般指蓄水池或机井。首部泵站工程由加压泵站及过滤系统、施肥装置、控制测量设备等组成。泵站水泵选用潜水泵或双吸离心泵。过滤系统一般采用自动反冲洗砂石过滤器+叠片过滤器两级过滤,过滤精度为 $120\mu\text{m}$ 。

田间管网工程包括干管、分干管、支管、排沙管及滴灌管。干管、分干管一般采用PVC-U管,根据系统灌溉面积、及一次轮灌面积确定管径。地势平缓、高差较小区域,干管及分干管承压级别一般选用 0.63Mpa 。支管采用PE软管,管径根据支管及毛管铺设长度确定,简泉农场地条宽度 $40\sim 50\text{m}$,滴灌管铺设长度为 60m 。

2.2 设计原则及主要设计参数

2.2.1 设计原则

田间管网布置合理,管径选型合适,灌溉均匀。

2.2.2 主要设计参数

根据《微灌工程技术标准》(GB/T50485-2020)、

《苜蓿地下滴灌技术规程》，结合项目区的实际，确定主要设计参数。

(1) 灌溉设计保证率：微灌工程设计保证率一般不应低于85%，本次取85%。

(2) 土壤计划湿润土层深度：苜蓿土壤计划湿润层深度取0.4m。

(3) 设计土壤湿润比：微灌设计土壤湿润比是指被湿润土体积与计划土壤湿润层总土体体积的比值。湿润比的大小应根据自然条件、植物种类、种植方式及微灌的形式，并结合当地试验资料确定。

(4) 滴灌管、灌水器间距：滴灌管及灌水器间距主要根据植物的种植模式确定，苜蓿种植行距为0.2~0.3m，滴灌管铺设间距一般为0.5m~0.6m，滴头流量一般选用1.38L/H或1.6L/H，滴头间距选用0.3m或0.4m。

(5) 耗水强度：微灌作物耗水强度主要根据所在区域的气候条件，结合规范、导则的推荐值拟定。

(6) 滴灌最大净灌水定额： $m_{\max} = 0.001\gamma ZP(\theta_{\max} - \theta_{\min})$ ，

设计灌水周期T： $T \leq T_{\max} = m_{\max}/I_a$

设计净灌水定额 m_d ： $m_d = T \times I_a$

式中： m_{\max} 、 m_d —分别为最大和设计净灌水定额（mm）； z —土壤计划湿润土层深度（cm）； p —设计土壤湿润比（%）； θ_{\max} 、 θ_{\min} —适宜土壤含水率上、下限（重量百分比）； θ'_{\max} 、 θ'_{\min} —适宜土壤含水率上、下限（体积百分比）； I_a —设计耗水强度（mm/d）。

(7) 一次灌水延续时间：《微灌工程技术标准》提供的一次灌水时间计算公式为： $t = m'S_r S_t / q_d$

式中： m' —设计毛灌水定额； S_r —植物的行距； S_t —植物的株距； q_d —灌水器设计流量；

设计参数选取及计算结果见表1。

表1 灌溉基本参数选取表

序号	项目	单位	典型区指标
1	水源类型		蓄水池
2	种植作物		苜蓿
3	灌水器		埋地式滴灌管
4	灌水器流量	L/h	1.4
5	土壤容重	g/cm ³	1.46
6	计划湿润深度Z	cm	0.4
7	设计土壤湿润比p	%	95
8	田间持水率 $\theta_{田}$	重量百分比	%
		体积百分比	%
9	适宜土壤含水量	上限 θ_{\max}	%
		下限 θ_{\min}	%

续表：

序号	项目	单位	典型区指标
10	灌溉水利用系数 η	水源取水口首部以下	0.9
			0.9
11	最大净灌水定额 m_{\max}	mm	39.95
		m ³ /666.67m ²	26.63
12	耗水强度 I_a	mm	7
13	灌水周期T	d	5
14	设计毛灌水定额 m'	mm	38.89
		m ³ /666.67m ²	25.93
15	一次灌水延续时间	小时	4
16	轮灌组	组	25

(8) 支管及滴灌管铺设长度及埋深。支管铺设长度根据条田宽度确定，简泉农场条田宽度一般为36~48m，支管选用dn90 PE管。壁厚选用1.5mm。排沙管选用dn75 PE管，支管及排沙管承压级别不小于0.25Mpa，排沙管末端设自动排气及排水球阀。滴灌管铺设长度按照《微灌工程技术标准》要求，进行水力计算得出滴灌管极限铺设长度。考虑地面坡度、埋深等影响，地下滴灌铺设长度为一般为50~60m。滴灌管可选用 $\phi 16$ “U”型开孔抗堵塞内镶贴片式滴灌管及贴条式滴灌管。滴头间距0.3m，滴头流量1.38L/H，壁厚0.3mm。

苜蓿一年需收割4茬~5茬，为便于机械作业，苜蓿滴灌管及支管均需要浅埋，滴灌管埋深影响苜蓿出苗，滴灌管埋深一般为15cm~20cm，滴灌管铺设采用机械作业，铺设时要求自然松弛。支管与毛管连接处采用双向锁母旁通连接，螺母旋拧牢固。支管及排沙管根据毛管铺设长度确定管径，支管管径选dn75~dn90PE软管，冲砂管较支管管径小一级别，管径选用dn63~dn75软管，支管及冲砂管埋深为0.3m~0.5m。主要考虑到埋深太深时管沟开挖工程量且且不利于后期维修，埋深太浅时机械作业容易压断旁通接头。支管进口设球阀及阀门保护箱，阀门保护箱需靠近地埂设置，便于机械作业。

3 地下滴灌苜蓿产量及效益

简泉农场2023-2024年地下滴灌苜蓿各茬次测产见表2。地下滴灌方式下2023年各茬干草重为4.94t/hm²-8.30t/hm²，干鲜比为0.19-0.25。2024年测产结果和2023年较为接近，各茬次干草重为4.46t/hm²-8.47t/hm²，干鲜比为0.21-0.28。与传统渠灌方式比较，地下滴灌降本0.075万元/hm²，产值增加1.55万元/hm²，净利润增加1.62万元/hm²。同时地下滴灌实施后，原有田间农渠及农沟基本废弃，平整后增加耕地面积15%以上，进一步扩大种植面积，提高机械作业效率。说明地下滴灌的灌水方式具有

一定的合理性和可靠性,是一种极具潜力的灌水方式,和应用价值。在宁夏引黄灌区以及其他缺水地区具有极大的推广潜力

表2 地下滴灌苜蓿各茬次测产表

茬次	2024年			2023年		
	鲜草 (t/hm ²)	干草 (t/hm ²)	干鲜比	鲜草 (t/hm ²)	干草 (t/hm ²)	干鲜比
一茬	39.61	8.37	0.21	38.49	8.30	0.22
二茬	29.88	6.50	0.22	30.35	5.85	0.19
三茬	21.55	4.93	0.23	19.84	4.96	0.25
四茬	16.17	4.46	0.28	21.95	4.94	0.23
合计	107.20	24.26	0.23	110.63	24.05	0.22

4 宁夏苜蓿地下滴灌主要存在的问题

4.1 起步较晚,发展缓慢

苜蓿地下滴灌技术目前仍旧处于示范推广阶段,为了总结经验、推广先进。地下滴灌系统的设计尤为重要。基于此,笔者从地下滴灌系统的组成、设计原则、主要设计参数选定出发,通过已实施项目归纳总结经验,进一步优化设计,以期为简泉农场苜蓿地下滴灌技术推广应用提供设计经验及理论基础。2012年宁夏草业率先开展苜蓿地下滴灌试验,取得了较好的经济效益,由于滴灌管采用耐特菲姆进口产品,亩均造价较高。没有得到大面积推广应用。2022年简泉农场对已实施滴灌进行改造,示范推广苜蓿滴灌,当年就取得了较好收益。近年来随着国产地下滴灌管生产技术日趋成熟,苜蓿地下滴灌技术得到了广泛应用。长山头农场在小洪沟利用现有荒地通过平田整地,撒播苜蓿,实施地下滴灌153.3hm²。平吉堡农场对现有高效节水灌溉系统支管及毛管进行改造,实施苜蓿滴灌133.3hm²,当年苜蓿出苗率均较高,取得了较好的经济效益。

4.2 技术制约,堵塞频发

滴灌管选择是制约地下滴灌成败的关键因素,以往地下滴灌失败的主要原因是普通滴灌管滴头无防倒吸功能,泥沙堵塞滴头导致出水不均匀,且滴灌管承压级别低,运行时压力不均、排气不及时出现爆管等问题。因此,地下滴灌管承压级别不应小于0.15Mpa,滴头需经过特殊处理,具备防倒吸及抗堵塞功能。同时滴灌管末端应设排沙管,在排沙管安装自动排气补气阀,主要作用

是排除地理支管及滴灌管中的空气,停泵时及时补气。冲洗管道时及时排除空气。排水管末端需设保护阀门箱,防止排水球阀及排气阀老化,延长使用寿命。

5 结语

近年来,简泉农场以“四水四定”原则为基础,积极调整产业结构,进一步加大优质苜蓿地下滴灌水肥一体化技术推广力度。基于此,在苜蓿地下滴灌设计时,进一步归纳总结已实施项目出现的问题,根据设计规范,选择合适的设计参数是非常必要的。在滴灌管及支管材料选型时,应充分论证比选,选择适合的管材,助推牧草产业高速发展。

参考文献

- [1]段超宇,景清华,张娜,等.宁夏水资源节约集约利用工作实践与思考[J].农业科技与信息,2024,(08):52-55.
- [2]王东博,钱智勇,王东,等.地下滴灌土壤水分运移与分布研究进展[J].河南农业科学,2023,52(12):1-13.
- [3]畅利毛,郑和祥,王万宁,等.地下滴灌关键技术参数对砂土地区苜蓿根系与产量的影响[J].人民黄河,2024,46(10):127-132+153.
- [4]苗庆远,米丽娜,覃兰玉,等.基于HYDRUS-1D模型的荒漠苜蓿农田滴灌灌溉制度制定[J].灌溉排水学报,2024,43(05):8-15.DOI:10.13522/j.cnki.ggps.2023332.
- [5]陈永岗,常生龙,杨正荣,等.滴灌带铺设方式对沙地苜蓿产量及品质的影响[J].寒旱农业科学,2023,2(07):627-630.