

浅埋式滴灌条件下毛管间距对苜蓿生长的影响

刘永¹, 缴锡云^{1,2}, 陈俊克³, 王树仿¹

(1. 河海大学 农业工程学院, 江苏 南京 210098; 2. 河海大学 水文水资源与水利工程国家重点实验室, 江苏 南京 210098; 3. 黄河水利出版社, 河南 郑州 450003)

摘要: 为了探讨浅埋式滴灌毛管间距对苜蓿生长的影响,在阿勒泰市青河地区进行苜蓿浅埋式滴灌田间试验,试验设置30、60、90 cm 3种毛管间距。通过观测各土层含水率、苜蓿毛细根密度以及生长指标等,研究毛管间距对土壤水分以及苜蓿生长的影响。结果表明:毛管间距为60、90 cm处理的各土层含水率增值优于30 cm处理;毛管间距30、60 cm处理苜蓿的毛细根密度明显高于毛管间距90 cm的处理;毛管间距为30、60 cm的处理对苜蓿生长的影响差异较小,其中以间距60 cm处理为优,而间距为90 cm对其影响较大,不利于苜蓿的生长。因此,毛管间距以60 cm最优,适合该地区苜蓿的灌溉。

关键词: 浅埋式滴灌; 毛管间距; 土壤水分; 苜蓿; 生长指标

中图分类号: S275.6

文献标识码: A

文章编号: 1672-643X(2019)05-0255-06

Effect of drip-line distance of shallow buried drip irrigation on the growth of alfalfa

LIU Yong¹, JIAO Xiyun^{1,2}, CHEN Junke³, WANG Shufang¹

(1. College of Agricultural Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 2. Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering, Hohai University, Nanjing 210098, China; 3. The Yellow River Water Conservancy Press, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: In order to study the effect of drip-line distance of shallow buried drip irrigation on the growth of alfalfa, we set the drip distance to 30, 60, 90 cm according to the field experiment of shallow buried drip irrigation in Qinghe area of Altay City. The influence of drip-line distance on soil moisture and alfalfa growth in each soil layer were studied by observing soil moisture content, root weight density and growth index of alfalfa. The results showed that the increment of water content in soil layers with distance of 60 cm and 90 cm was better than that of 30 cm. The root weight density of alfalfa with drip distance of 30 cm and 60 cm was significantly higher than that of 90 cm. The difference of the effect of 30 cm and 60 cm distance on the growth of alfalfa is small, but the treatment with distance of 60 cm was more reasonable, while the treatment with distance of 90 cm had a greater influence, which was not conducive to alfalfa growth. Therefore, the optimal drip-line distance of 60 cm is suitable for alfalfa irrigation in the studied area.

Key words: shallow buried drip irrigation; drip-line distance; soil moisture; alfalfa; growth index

1 研究背景

苜蓿是世界上种植面积最广泛的多年生豆科牧草之一,其营养价值高,适应性强,享有“牧草之王”的称誉^[1-3]。当前,苜蓿是我国牧区饲料的主要来源,其种植区多集中在相对缺水的西北干旱地区,常

年降水稀少,蒸发强烈。因此,科学合理地利用水资源以满足苜蓿种植需求的研究显得尤为重要。地下滴灌是通过埋入土壤的毛管和灌水器将水或水肥的混合液缓慢出流渗入到作物根区土壤中,再借助毛细管及重力作用将水分扩散,供作物吸收利用的一种灌水方法^[4-6]。它具有改善品质、节水增产、便于

收稿日期:2019-03-21; 修回日期:2019-05-12

基金项目:水利部技术示范项目(SF-201733)

作者简介:刘永(1995-),男,安徽宿州人,硕士研究生,从事节水灌溉理论与技术研究。

通讯作者:缴锡云(1962-),男,河北廊坊人,博士,教授,博士生导师,主要从事节水灌溉理论与技术研究。

管理等优点^[7-9]。廉喜旺^[10]通过设置不同滴灌带间距、埋深进行试验,发现在新疆阿勒泰地区土壤质地为淡棕钙土的条件下,滴灌带布设间距 80cm、埋深 30cm 的亩产干草量最高。Kazumba 等^[11]通过设置不同滴灌带间距和埋深进行试验,发现在以色列内盖夫沙漠地区苜蓿滴灌带布设间距 100 ~ 150 cm,埋深 40 cm 为宜。吴文奇等^[12]通过对滴灌带的不同布设方式的研究,对紫花苜蓿的不同生理指标进行试验分析,发现在毛乌苏沙漠地区土壤质地为沙土的条件下,滴灌带间距为 90 cm 的处理优于其他处理。

由于新疆沙漠地区土质中砾质土含量较高,蒸发量较大,且苜蓿需水量较大^[13],地下滴灌不能完全满足该区苜蓿的生长要求。浅埋式滴灌是目前正在研究的应用于新疆地区苜蓿种植的灌溉技术。与地下滴灌相比,浅埋式滴灌具有安装成本低,便于管理,更能够有效调节田间小气候等优点^[14-16]。在浅埋式滴灌系统的研究中,有关滴灌带毛管间距对苜蓿生长影响的研究较少,毛管间距的确定还缺乏科学依据。因此,本文通过研究不同毛管间距对分层土壤含水率及苜蓿生长的影响,以期苜蓿浅埋式滴灌技术提供依据。

2 材料与方法

2.1 试验区概况

试验于 2016 年 4 - 10 月在新疆阿勒泰阿苇灌区试验站开展,该试验站位于青河县境内。青河县是阿勒泰地区最东部的 1 个县,位于东经 89°47' ~ 91°04',北纬 45°00' ~ 47°20',地处大陆性北温带干旱气候区,多年平均气温 0℃,平均无霜期为 103 d,多年平均降雨量 161 mm,平均蒸发量 1 495 mm,其

蒸发量远大于降雨量。试验田的土质以砾石为主,根据国际制土壤分类标准,0 ~ 30 cm 土层为多砾质土,30 ~ 60 cm 土层为轻砾石土,0 ~ 60 cm 土层平均容重为 1.77g/cm³,土壤田间体积持水率为 23.45%,2016 年试验期总有效降水量为 90 mm。

2.2 试验设计

本次主要采用田间小区对比试验。田间小区的规格均为:30 m × 2.4 m,各级管道均采用 PE 管作为主要材料,其中干管、支管的管径分别为 φ50、φ40 mm。田间毛管采用可以防负压的内镶贴片式滴灌带,滴灌带的直径为 2.0 cm、滴头标定流量为 2.2 L/h。本次试验苜蓿品种为当地紫花苜蓿阿尔冈金,于 2012 年 8 月份进行种植,种植行距均为 30 cm。

毛管埋深统一设定为 10 cm,毛管间距分别设 30、60、90 cm 3 种处理(见图 1),每个处理设重复 3 次。各试验区依据当地农民用水习惯及苜蓿生理特性制定同一灌溉制度,各处理的灌水定额为 370 m³/hm²。

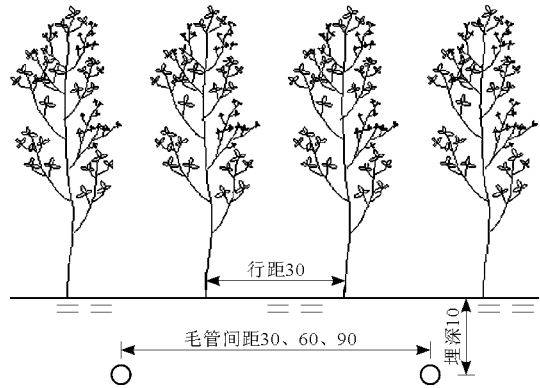


图 1 试验小区毛管田间布置示意图(单位:cm)

2.3 测定指标与方法

根据试验植株调查,试验小区紫花苜蓿整个生育期各生育阶段划分如表 1 所示。

表 1 试验区苜蓿生育期划分

茬数	月 - 日			
	分枝前期	分枝期	蕾期	花期
1	05-08 - 05-20	05-21 - 06-14	06-15 - 06-27	06-28 - 07-10
2	07-11 - 07-22	07-23 - 08-14	08-15 - 08-28	08-29 - 09-10

本试验测定土壤水分、毛细根生物量、株高、茎粗、作物产量等指标。测定方法如下:

(1)苜蓿毛细根生物量的测定:采用烘干法测定,在试验小区水平方向上分别距离毛管 0、10、20、30、40、50 cm 处,竖直方向每层 10 cm 共 60 cm 深度分层采集土样,分离出毛细根,仅选取直径小于 2 mm(误差 ≤ 0.1 mm)的毛细根,然后将挑出的毛细

根烘干至恒重后称重,并换算成毛细根密度。

(2)株高和茎粗的测定:在每个试验小区选取苜蓿长势均匀的区域,从该区域随机选取 10 株苜蓿定株,每隔 5 d 测定 1 次,其中孕蕾前株高为苜蓿茎的最基部到最上叶顶端的距离,孕蕾期后为苜蓿茎的最基部到顶端的距离;茎粗用游标卡尺进行测量,单株苜蓿的茎粗在互相垂直的方向各测定 1 次。

(3)作物产量的测定:分别于苜蓿第 1、2 茬各生育期内选取各小区长势均匀的区域,样方面积约为 1 m×1 m,刈割 3 次取平均值,留茬高度 5 cm 左右,收割后将所测鲜草置于阴凉处自然风干,称重,所得质量为干草产量。

(4)土壤水分的测定:灌溉前、后分别对样区采集土样,每 5 cm 土层取 1 次土样,土层深度共 60 cm 深度,将各土样采用取土烘干法计算并最终换算成体积含水率。

3 结果与分析

3.1 毛管间距对不同土层土壤水分的影响

不同毛管间距处理下各深度土层灌水前后的含水率变化如表 2 所示。由表 2 可看出,毛管间距分别为 30、60、90 cm 时,其各土层含水率增值随着土层深度的增加总体均呈现先增后减的趋势,且均在 10~15 cm 深度内达到最大;在埋设毛管以下的各深度土层中,毛管间距 60、90 cm 处理的各土层含水率增值均大于间距为 30 cm 的处理;在 0~15 cm 土层内,毛管间距为 30、60 cm 处理的土层含水率增值差异不显著,且均低于毛管间距 90 cm 的处理,但在 15~25 cm 土层内,毛管间距为 60 cm 处理的含水率增值略大于间距为 90 cm 的处理;另外随着毛管间距的增大,水分入渗土层的深度也有所增加。

3.2 毛管间距对苜蓿水平方向毛细根分布的影响

3.2.1 毛管间距对毛细根生物量的影响 第 1 茬苜蓿生长至花期时,毛管间距分别为 30、60、90 cm 3 种处理下的毛细根生物量空间分布见图 2,以 0~60 cm 深度土层为主要分析区域。毛管间距为 30、60 cm 处理其水平方向 0~50 cm 范围内毛细根生物量分布均匀,在 5.31×10^{-4} g/cm² 左右。毛管间距 30 cm 处理其水平方向在 20~40 cm 范围内毛细根生

物量略高于间距为 60 cm 的处理,水平方向 0~20、40~50 cm 的毛细根生物量与其基本一致。毛管间距为 90 cm 处理其毛细根分布沿水平方向变化较显著,其根系主要分布在水平方向 0~15、25~45 cm 范围内,而 15~25、45~50 cm 范围内毛细根生物量偏低,低至 2.9×10^{-4} g/cm²。

表 2 灌水前后各土层体积含水率变化表 %

深度/cm	毛管间距 /cm		
	30	60	90
0~5	7.56	7.88	9.24
5~10	10.95	10.07	12.22
10~15	11.85	12.15	12.77
15~20	9.62	10.49	10.04
20~25	7.57	9.18	8.71
25~30	2.06	7.06	7.74
30~35		0.08	2.28
35~40			0.54
40~50			
50~60			

3.2.2 毛管间距对毛细根密度的影响 第 1 茬和第 2 茬苜蓿不同毛管间距的水平方向毛细根密度见图 3。由图 3(a)可看出,第一茬苜蓿 3 种处理沿水平方向毛细根密度差异性较大;毛管间距 30 cm 处理其毛细根密度沿水平方向变化较小,不同距离处毛细根密度差异不显著,约为 3.70×10^{-4} g/cm³。毛管间距 60 cm 处理其毛细根密度沿水平方向总体呈现先减后增趋势,其中水平方向 20~30、30~40 cm 范围内差异不显著,且二者的密度均略低于 0~10、10~20、40~50 cm 部分,并在 20~30 cm 内出现最低值,约 3.80×10^{-4} g/cm³。毛管间距 90 cm 处理其毛细根密度沿水平方向总体呈减小趋势,且变化较显著,最大差值为 3.65×10^{-4} g/cm³ 左右。

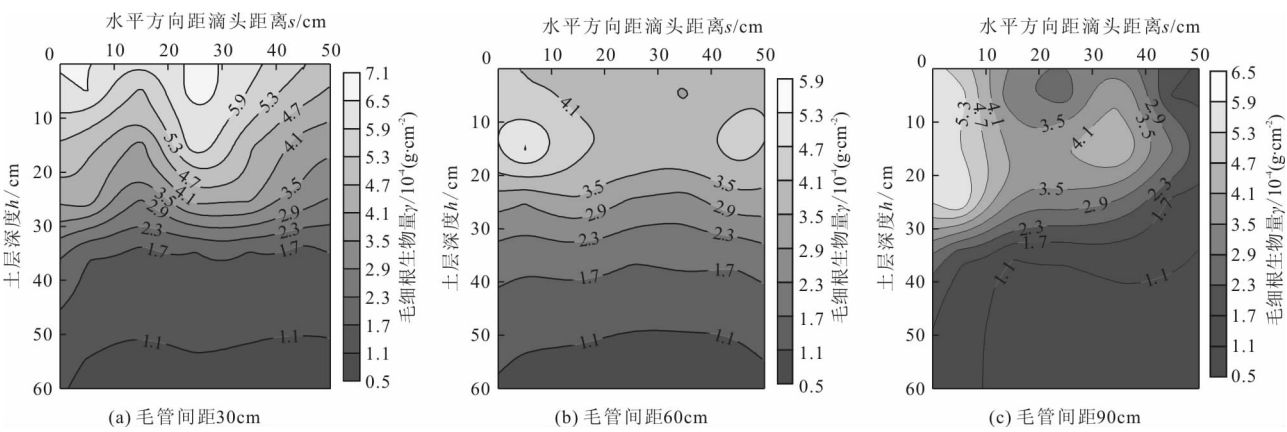


图 2 不同毛管间距毛细根生物量空间分布图

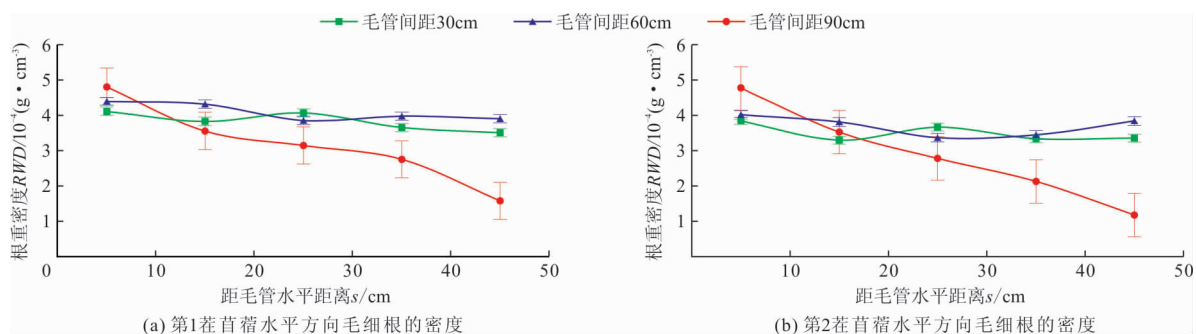


图3 不同毛管间距下第1、2茬苜蓿毛细根密度

相比第1茬,相同处理第2茬苜蓿在各生育期的毛细根密度有所变化。由图3(b)可知,毛管间距30 cm处理其不同距离处毛细根密度差距较大,在水平方向10~20 cm处出现最低点,为 $3.30 \times 10^{-4} g/cm^3$ 左右;毛管间距60 cm处理其毛细根密度沿水平方向变化规律与第1茬基本一致,不同距离处毛细根密度均在 $3.5 \times 10^{-4} g/cm^3$ 左右;毛管间距为90 cm处理其苜蓿在整个生育期内毛细根密度沿着水平方向逐渐降低;毛细根密度在水平方向距毛管0~10、10~20 cm范围内变化趋势与第1茬基本一致,而距毛管20~30、30~40、40~50 cm范围内差异较显著,且低于毛管间距为30、60 cm的处理。

由此可见,毛管间距30、60 cm处理时水平方向上各土层毛细根生物量分布较均匀,更适合苜蓿的生长。

3.3 毛管间距对苜蓿生长指标的影响

3.3.1 毛管间距对苜蓿株高的影响 株高是作物最基本的生长指标之一,是判定苜蓿生长状况的关键因素^[17]。同一毛管埋深下,不同毛管间距对苜蓿株高存在一定的影响(见图4)。

由图4可知,第1、2茬苜蓿植株高度均在生育中期(分枝期、孕蕾期、花期)生长速度较快,到生育后期生长逐渐减缓。毛管间距为30、60 cm处理第1茬苜蓿生育期内株高差异性较小;在生长前期,两处理植株高度差异不显著但均稍高于毛管间距90 cm的处理。收割时,毛管间距为30、60、90 cm样区植株的平

均高度分别为72.2、71.1、63.5 cm,毛管间距90 cm处理植株高度远低于间距30、60 cm处理。第2茬苜蓿整个生育期内毛管间距为30、60 cm的处理其株高与第1茬基本一致,均高于毛管间距为90 cm的处理;收割时,毛管间距为30、60、90 cm处理其植株高度分别为69.6、71.4和63.1 cm,90 cm处理植株高度仍远低于30、60 cm处理。由此可知,毛管间距90 cm处理相对30、60 cm处理对植株高度的影响较大,不宜于苜蓿的生长,而毛管间距30、60 cm处理的苜蓿生长稳定,为较优的布置间距。

3.3.2 毛管间距对苜蓿茎粗的影响 茎是苜蓿输送营养物质和水分以及保证苜蓿花、叶维持在一定空间的重要组成部分。同一毛管埋深下不同毛管间距处理时,各生育期苜蓿茎粗如表3所示。由表3可知,在第1、2茬苜蓿整个生育期内,苜蓿生长主要集中于蕾期至花期阶段,花期后,苜蓿生长缓慢,茎粗维持在3 mm左右。第1茬整个生育期内,毛管间距为30、60 cm处理其茎粗均大于90 cm处理,且差异显著。第2茬苜蓿在生育前期,3种处理下茎粗差异不显著,毛管间距30 cm处理略大于间距60、90 cm的处理;在生育后期,毛管间距60 cm处理茎粗略大于30 cm处理;毛管间距90 cm处理苜蓿茎粗在整个生育期内变化与第1茬基本一致且远低于前两者。因而,毛管间距30、60 cm相对于间距90 cm更有利于苜蓿植株的生长。

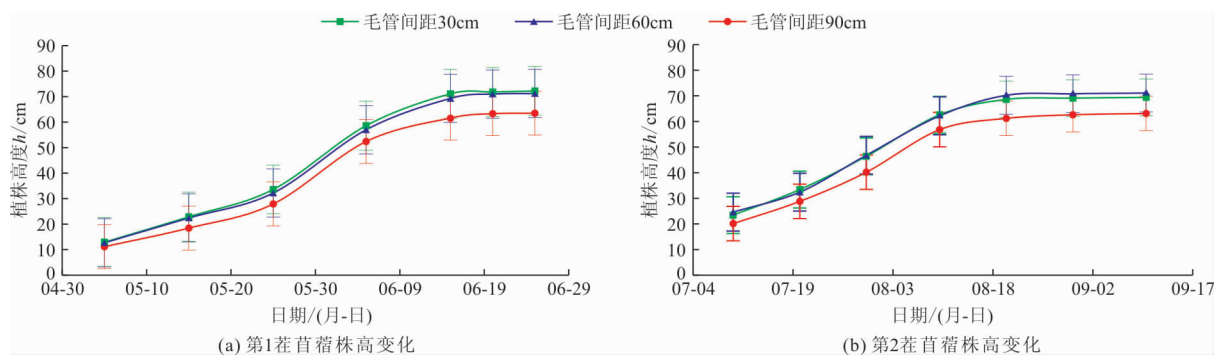


图4 不同毛管间距对第1、2茬苜蓿株高的影响

表 3 试验小区不同毛管间距各生育期苜蓿茎粗

毛管间距/ cm	第 1 茬茎粗/mm				第 2 茬茎粗/mm			
	分枝期	蕾期	花期	收割	分枝期	蕾期	花期	收割
30	2.68a	2.71b	3.33b	3.40b	1.88a	2.78a	2.92b	3.03b
60	2.58b	2.92a	3.39a	3.48a	1.83b	2.44b	2.96a	3.13a
90	2.31c	2.50c	2.90c	2.92c	1.62c	2.32c	2.70c	2.82c

注:不同的小写字母 a、b、c 表示在 $P < 0.05$ 水平下差异显著。

3.4 毛管间距对苜蓿产量的影响

不同毛管间距下,苜蓿各生育阶段干草产量如图 5 所示。第 1、2 茬整个生育期内产量快速增长时间与茎粗、株高增长时间一致。3 种处理下,收割时干草产量均在 6.00 t/hm^2 左右。其中,第 1、2 茬毛管间距 30、60 cm 处理的苜蓿产量较高且两者差异

较小,以毛管间距 60 cm 处理为优,二者干草产量差值在 0.3 t/hm^2 内;而毛管间距为 90 cm 处理的苜蓿产量相对较低,生育期各阶段产量与毛管间距 30、60 cm 处理均有显著差异,间距过大对苜蓿的正常生长影响较大,严重影响其产量。因而,毛管间距 60 cm 处理更适合苜蓿植株的生长。

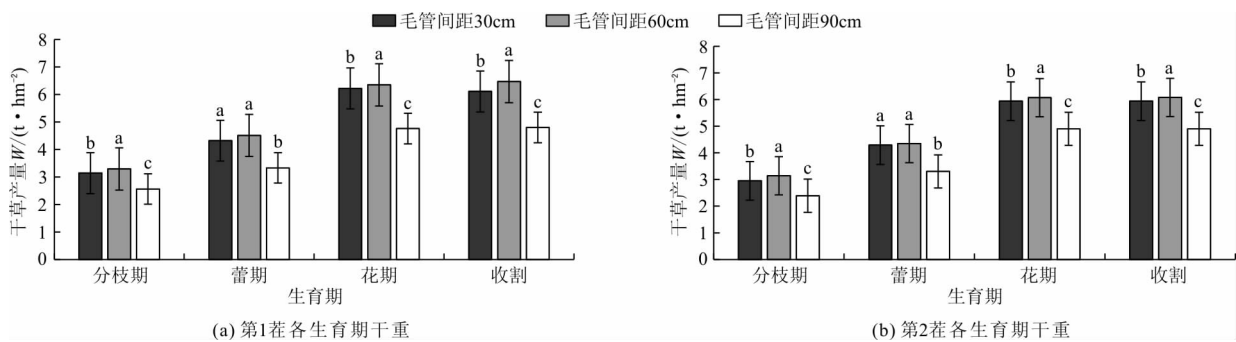


图 5 不同毛管间距下各生育阶段第 1、2 茬苜蓿干草产量

4 结论与讨论

本文设置了毛管间距为 30、60、90 cm 3 种处理,研究了浅埋式滴灌条件下不同毛管间距对土壤水分分布及苜蓿生长的影响。试验表明,不同处理的各土层含水率均在滴头附近达到最大,并且随着毛管间距的增大,水分入渗的深度也增大,这与已有的研究结果相一致^[18-19];通过对 0 ~ 60 cm 深度土层的毛细根生物量进行分析,毛管间距 60 cm 处理的沿水平方向上毛细根密度更均匀;通过对苜蓿的株高、茎粗、产量等指标进行分析,不同毛管间距处理的各项指标基本表现为:60 cm > 30 cm > 90 cm,毛管间距 90 cm 最不利于苜蓿的生长,主要原因是毛管间距过大导致水分分布不均匀^[20],苜蓿部分区域的需水量不能得到满足,对苜蓿的生长产生的影响较大。主要结论如下:

(1) 不同毛管间距处理下各深度土层灌水前后含水率增值有所差异,毛管间距 60、90 cm 处理灌水前后土层含水率增值优于 30 cm 处理。

(2) 毛管间距 30、60 cm 处理对苜蓿毛细根分

布影响较小,而毛管间距为 90 cm 的处理对其毛细根密度分布影响较大,与毛管间距 30、60 cm 处理差异显著,因而毛管布设间距不宜过大,毛管间距 30、60 cm 处理更有利于苜蓿毛细根的生长。

(3) 毛管间距 30、60cm 对苜蓿生长指标、产量的影响差异较小,以间距 60 cm 处理为优;而毛管间距为 90 cm 的影响相对较大,其各阶段苜蓿的生长状况均低于前两者的处理,对苜蓿生长不利,故 3 种处理下以毛管间距 60 cm 更有利于苜蓿的生长。

综上所述,浅埋式滴灌在毛管间距 30、60、90 cm 3 种处理中毛管间距为 60 cm 的处理能够达到苜蓿节水、高产、高效的目的,为最优毛管布置间距,适合应用于新疆荒漠地区苜蓿的灌溉。

参考文献:

[1] KANDELOUS M M , KAMAI T , VRUGT J A , et al. Evaluation of subsurface drip irrigation design and management parameters for alfalfa[J]. Agricultural Water Management, 2012,109:81 - 93.

[2] BOUIZGAREN A, FARISSI M, GHOUAM C, et al. As-

- assessment of summer drought tolerance variability in Mediterranean alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivars under Moroccan fields conditions [J]. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 2013, 59(1):147-160.
- [3] 王运涛,杨志敏,李广有,等. 6 个苜蓿品种在冀西北地区的生产性能[J]. *草业科学*, 2014, 31(6):1141-1146.
- [4] 李道西,罗金耀. 地下滴灌技术的研究及其进展[J]. *中国农村水利水电*, 2003(7):15-18.
- [5] 黄兴法,李光永. 地下滴灌技术的研究现状与发展[J]. *农业工程学报*, 2002, 18(2):176-181.
- [6] 李军平. 地下滴灌技术发展及应用现状[J]. *地下水*, 2012, 34(3):115-116.
- [7] 胡笑涛,康绍忠,马孝义. 地下滴灌灌水均匀度研究现状及展望[J]. *干旱地区农业研究*, 2000, 18(2):113-117.
- [8] 殷艳. 新疆棉花地下滴灌技术的应用[J]. *吉林农业*, 2017(23):69.
- [9] 李军平. 地下滴灌技术发展及应用现状[J]. *地下水*, 2012, 34(3):115-116.
- [10] 廉喜旺. 阿勒泰地区地下滴灌条件下苜蓿滴灌带布设方式及高效用水研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学, 2014.
- [11] KAZUMBA S, GILLERMAN L, DEMALACH Y, et al. Sustainable domestic effluent reuse via subsurface drip irrigation (SDI): alfalfa as a perennial model crop[J]. *Water Science & Technology*, 2010, 61(3):625-632.
- [12] 吴文奇,夏玉慧,张志芬,等. 地下滴灌技术在紫花苜蓿种植上的应用研究[J]. *节水灌溉*, 2009(4):14-17.
- [13] ATTRAM J, ACHARYA S N, WOODS S A, et al. Yield and net return from alfalfa cultivars under irrigation in Southern Alberta[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2016, 96(2):165-175.
- [14] 王金魁. 浅埋式滴灌技术在北疆牧区苜蓿种植的应用性探讨[J]. *内蒙古水利*, 2016(9):53-54.
- [15] 韩方军. 浅谈牧草浅埋式滴灌技术示范与推广项目的实施[J]. *新疆水利*, 2014(5):19-21+38.
- [16] 洪明,马英杰,赵经华,等. 新疆阿勒泰地区浅埋式滴灌苜蓿灌溉制度试验[J]. *草地学报*, 2017, 25(4):871-874.
- [17] 赵广,韩学琴,王雪梅,等. 修枝对辣木株高-地径异速生长关系的影响[J]. *生态学杂志*, 2018, 37(2):391-398.
- [18] 任杰,温新明,王振华,等. 地下滴灌毛管适宜埋深及间距研究进展[J]. *水资源与水工程学报*, 2007, 18(6):48-51.
- [19] 杨恒山,张庆国,刘晶,等. 不同生长年限紫花苜蓿根系及其土壤微生物的分布[J]. *草业科学*, 2007, 24(11):38-41.
- [20] 冉立忠,蔡新宏. 棉花膜下滴灌不同毛管间距对产量和效益的影响[J]. *中国棉花*, 2005 (S1):57-58.