

灌水量对京南地区紫花苜蓿 生产能力的影 响

文 霞^{1,2}, 侯向阳², 穆怀彬²

(1. 兰州大学草地农业科技学院, 甘肃 兰州 730020; 2. 中国农业科学院草原研究所, 内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要: 对种植第 3 年的紫花苜蓿 *Medicago sativa* 进行 4 种不同灌水量(0、25、50 和 75 mm/次, 全年灌水 3 次)处理, 每茬苜蓿初花期测定各处理的产量、茎叶比、株高及第 2、3 茬苜蓿的单枝质量。结果表明: 在试验前 1 年(2008 年)灌足冬水的情况下, 灌水对第 1 茬产量无显著影响, 第 2、3 茬以及全年产量随灌水量增加而增加, 第 4 茬产量则随灌水量增加而减少, 第 14 茬苜蓿株高的变化规律与产量相同; 灌水对第 1、4 茬苜蓿茎叶比无显著影响, 第 2、3 茬茎叶比随灌水量增加而增加; 第 2、3 茬苜蓿分枝质量随灌水增加呈增加趋势, 灌水 25、50、75 mm/次的分枝质量显著高于不灌水 ($P < 0.05$)。因此, 京南地区种植苜蓿应在第 1、第 2 茬苜蓿刈割后灌水, 第 4 茬苜蓿生长期中不宜灌水, 当头年灌足冬水时, 返青也可不灌水; 在生长季降水总量为 390.34 mm 下, 全年最适宜灌水量为 150 mm。

关键词: 灌水; 紫花苜蓿; 生产能力; 分枝特性

中图分类号: S551⁺.707.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2010)04-0073-05

^{* 1} 紫花苜蓿 *Medicago sativa* (以下简称苜蓿) 系豆科, 苜蓿属, 是具有世界栽培意义的深根系多年生优质牧草, 具耐旱、耐寒、耐盐碱、耐瘠薄、适应性强、产量高、品质优、耐频繁刈割和持久性好等特性, 同时具有清除田间杂草、改土培肥及经济效益高等优点^[1-3]。作为最重要的栽培牧草, 它在我国的种植面积逐年增加^[4]。

苜蓿需水量较高, 全年生长季需水量为 400~2 250 mm^[5], 适宜在年降水量为 500~800 mm 的地区生长, 土壤水分含量直接影响其生长发育、产量及品质^[6]。京南地区是我国推广苜蓿种植的地区之一, 在该区种植苜蓿, 其主要限制因素是水。研究表明多次刈割的苜蓿平均耗水量在 800~900 mm^[5], 该区年均降水量只有 500~600 mm, 且主要集中在 7-9 月(约占全年降水量的 80%), 即前 2 茬苜蓿的全生长期和第 3 茬苜蓿的大部分生长期降水较少, 这样影响了苜蓿的生长和产量, 也成为其推广种植的主要限制因子。灌溉成为调节苜蓿生长季水分供给, 提高产量的重要措施之一。因此, 苜蓿耗水量、耗水规律、水分利用效率及灌溉制度的研究一直是我国干旱、半干旱和水资源紧缺地区苜蓿产业化的热点^[7-15]。

试验地处水资源紧缺的华北地区, 研究该地区灌水量与苜蓿生产能力的关系, 寻求合理、优化的灌溉制度对该区农业生产节水具有重要意义。研究通过小区试验设计及灌水量控制试验, 探讨了灌水量对苜蓿生产能力的影 响, 以期获得适宜当地苜蓿生产的合理灌溉制度, 为京南地区苜蓿生产实践提供科学依据。

1 试验地概况

试验地设在河北省廊坊市中国农业科学院国际农业高新技术产业园试验基地, 该地位于廊坊市北部, 见图 1, 116° 34' 60" ~ 116° 36' 13" E, 39° 35' 44" ~ 39° 36' 14" N, 属温带半干旱、半湿润大陆性气候。海拔 25 m, 年均气温 11.9 °C, 1 月份最冷(平均气温 -5.2 °C, 极端最低气温 -25 °C), 7 月份气温最高(平均气温 26 °C, 极端最高温 40.2 °C), 平均无霜期 183 d, ≥10 °C 的年均积温 4 167 °C · d, 平均日照时间 2 659.6 h, 年均降水量 554.9 mm, 降水高度集中在夏季(平均 454.7

收稿日期: 2009-12-09
基金项目: “十一五” 国家科技支撑计划项目(2006BAD04A04)
作者简介: 文霞(1984-), 女, 四川雅安人, 在读硕士生。
E-mail: wenx03@lzu.cn
通信作者: 侯向阳 E-mail: houxy16@126.com

mm, 占全年降水量的 77%)。土壤类型为沙壤土。

6月12日、7月12日和8月24日(各茬苜蓿初花期)刈割苜蓿, 样方大小 1 m×1 m, 留茬 5 cm, 每小区重复 3 次, 田间测鲜质量。同时, 在每茬苜蓿测产当日, 各小区随机选 5 株苜蓿测其绝对高度; 每小区选 5 个苜蓿 1 级分枝数, 进行茎叶分离并测鲜质量, 计算茎叶比; 根据样方苜蓿鲜质量及对应植株 1 级枝条数, 测定第 2、3 茬苜蓿分枝质量并记录各茬苜蓿生育期及生育期降水量(表 1)。

表 1 2009 年各茬苜蓿生育期及降水量

茬次	生育期(月-日)	降水量(mm)
第 1 茬	3-24-5-14	35
第 2 茬	5-15-6-12	56
第 3 茬	6-13-7-12	56
第 4 茬	7-13-8-24	244
全年	3-24-8-24	391

图 1 研究区域地理位置示意图

2 材料与方法

2.1 试验设计 试验地为 2007 年种植的中苜 2 号, 播种量为 22.5 kg/hm², 播深 2 cm, 2008 年 11 月所有小区均灌足冬水。在该试验地选取 6 m×6 m 小区, 相邻小区间隔 0.5 m, 四周进行防水隔离处理。以小区为单位进行 4 个水平 W₀、W₁、W₂、W₃ 的灌水试验, 灌水量分别对应为 0、25、50、75 mm/次, 并设计 9 次重复。

分别于苜蓿返青(2009 年 4 月 2 日)及第 1 (2009 年 5 月 18 日)、第 2(2009 年 6 月 24 日)和第 3 茬苜蓿刈割后灌水(但因第 3 茬苜蓿刈割后适逢大雨, 故所有小区均未进行第 4 次灌水处理)。灌水方式为滴灌, 灌水量由水表控制。

2.2 测定项目及方法 于 2009 年 5 月 14 日、

2.3 数据分析 利用 Microsoft Excel, SPSS13.0 对测定各指标进行差异显著性分析和 LSD 检验。

3 结果与分析

3.1 灌水量对苜蓿产量的影响 表 2 表明, 第 1 茬苜蓿产量随灌水量增加呈现波动变化(减少→增加→减少), 第 2、3 茬苜蓿产量均随灌水量增加呈增加变化, 第 4 茬苜蓿产量则随灌水量增加呈降低变化, 全年产量变化规律同第 2、3 茬。

不同灌水处理对第 1 茬苜蓿产量虽有一定影响, 但各处理间差异不显著。对于第 2、3 茬苜蓿而言, W₃ 和 W₂ 处理苜蓿的产量极显著高于 W₀ 处理(P<0.01); 与 W₀ 处理相比, 其余 3 个处理对该 2 茬苜蓿的增产幅度分别为 15.3%~40.6%和 27.2%~64.1%。第 4 茬苜蓿, W₂ 和 W₃ 处理产量显著低于 W₀ 处理; 与 W₀ 处理相比, 其余 3 个处理对该茬苜蓿的减产幅度为 13.5%~35.9%。

表 2 灌水量对不同茬次及全年苜蓿产量的影响

处理	第 1 茬	第 2 茬	第 3 茬	第 4 茬	全年
W ₀	25 063±3 034a	10 058±1 992aA	6 267±1 025aA	8 946±1 906cB	50 334±4 114aA
W ₁	24 444±1 758a	11 592±1 145abAB	7 972±1 573bB	7 741±1 159bcB	51 749±3 254aAB
W ₂	25 502±2 138a	13 007±1 605bcBC	9 246±1 297cBC	7 502±1 267bAB	55 257±2 638bB
W ₃	25 206±2 814a	14 143±1 806cC	10 282±1 031cC	5 743±1 254aA	55 374±3 134bB

注: W₀、W₁、W₂、W₃ 分别表示灌水量为 0、25、50、75 mm/次, 分别于苜蓿返青和第 1、2 茬刈割后灌水。同列不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著, 不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著; 下表同。

虽然 W_3 和 W_2 或 W_0 和 W_1 之间的苜蓿年产量差异不显著,但较高灌水处理的 W_3 和 W_2 处理的苜蓿年产量均显著高于 W_0 和 W_1 处理。说明,在生长季降水 391 mm 情况下,每次灌水 75 和 50 mm 都能极显著提高苜蓿产量,在全年灌水量为 150 mm 的基础上,继续增加灌水量不会引起年产量的显著增加。可见,合理灌水能提高苜蓿产量,研究区种植苜蓿的适宜灌水量为 150 mm。

3.2 灌水量对苜蓿株高和茎叶比的影响

在自然降水条件下,以 W_0 处理为参照,研究不同

灌水处理对株高和茎叶比的影响。图 2-A 表明, W_1 、 W_2 、 W_3 处理对第 1 茬苜蓿的株高无明显影响,但显著提高了第 2、3 茬苜蓿的株高,明显降低了第 4 茬株高($P < 0.05$),并且随着灌水量增加苜蓿株高相应增加(第 2 和 3 茬)或降低(第 4 茬);图 2-B 表明,灌水对第 1、4 茬苜蓿茎叶比均无显著影响,第 2、3 茬苜蓿茎叶比随灌水量增加呈增加趋势, W_2 处理显著提高了第 3 茬苜蓿茎叶比, W_3 处理显著增加第 2 和 3 茬苜蓿的茎叶比。

图 2 灌水量对苜蓿株高和茎叶比的影响

3.3 灌水量对苜蓿分枝密度和分枝质量的影响

灌水处理对第 2、3 茬苜蓿分枝密度无显著影响,但是,对分枝质量影响明显,分枝质量分别为 2.5~3.4 和 1.6~2.6 g/枝;随着灌水量的增加,苜蓿的分枝质量呈增加趋势,各处理显著高于对照(表 3)。以上结果表明灌水利于苜蓿植株个体大小的增加。

表 3 不同灌水量对苜蓿分枝数和分枝质量的影响

灌水 处理	分枝数(枝/m ²)		分枝质量(g/枝)	
	第 2 茬	第 3 茬	第 2 茬	第 3 茬
W_0	412±48a	390±76a	2.5±0.6aA	1.6±0.3aA
W_1	389±39a	390±23a	3.0±0.3bAB	2.0±0.4bAB
W_2	401±39a	401±29a	3.3±0.4bB	2.3±0.3bcBC
W_3	422±42a	395±39a	3.4±0.4bB	2.6±0.4cC

4 讨论

4.1 苜蓿生长初期的轻微干旱^[16]或土壤水分不足^[17]往往引起苜蓿减产,干旱对苜蓿产量和生长发育产生负面影响,特别是反映在一系列生理生化、形态变化和生产性能上^[6],本研究中,第 2、3

茬以及全年产量均随灌水量的增加而增加,且灌水总量为 225 和 150 mm 能极显著提高苜蓿年产量,可见,灌溉对苜蓿有明显的增产效果^[7,11,18-19]。有研究表明第 1 茬苜蓿的产量随灌水量的增加而增加^[20],本研究中第 1 茬苜蓿产量在不同灌水处理间差异不显著,分析认为,第 1 茬苜蓿所在生长季(3-5 月)温度不高,水分蒸发不强烈,试验前 1 年灌足的冬水已足够其生长所需,在此情况下,水分不是当茬苜蓿生长的限制因子,故苜蓿返青期的灌水对其产量的影响差异不显著。第 4 茬苜蓿产量随灌水量增加而减少,这是由于 7 月以后,华北平原降水量略大于苜蓿需水量^[21],虽然第 4 茬苜蓿生长期未进行灌水,但降水量达 244 mm,因而在此前灌水量的基础上,该茬产量随灌水量增加呈减少的趋势,这与赵金梅等^[20]的研究结果一致。因此建议,京南地区种植紫花苜蓿,灌水应该在第 1、2 茬苜蓿刈割后(即第 2、3 茬生长期)进行,第 4 茬苜蓿生长期不宜灌水,在前 1 年灌足冬水的情况下,返青时也可不灌水。

研究还发现,一定灌水范围内,苜蓿年产量随灌水量增加而增加,在苜蓿生长季灌水量为150 mm(不包括自然降水)情况下,再增加灌水量,不会引起苜蓿显著增产。贾恒以等^[22]研究沙打旺 *Astragalus adsurgens* 水肥协同效应的结果表明肥料的增产效应随水分量的提高而增加,可见植物产量除了受水分影响外,还受肥力等其他因素限制,当灌水量达到一定时,水分已不再是其生长的限制因子,产量趋于稳定,此时其产量增加潜能可能受肥力等其他因素限制。因此,仅灌水对苜蓿增产是有限的,要想获得更高产量,需寻求与其他因素的耦合,我国农业科技工作者早在21世纪就开始了水肥效应的研究,但目前有关水分、养分对苜蓿生长的互作效应研究较少,有待加强。

4.2 植株高度是反映牧草生长状况和评价高产的主要指标之一。有研究表明,不同强度水分胁迫会降低紫花苜蓿的主茎高度^[23],可见,干旱并不利于植株高度的增加。本研究发现,第2、3茬苜蓿株高随灌水量增加而增高,第4茬株高则随灌水量增加而降低,但灌水并不能引起第1茬苜蓿株高产生显著差异,后两者的原因同第4、1茬产量变化的解释。

紫花苜蓿蛋白含量较高,蛋白的主要来源是叶片,叶片在整株紫花苜蓿中所占的比例是影响紫花苜蓿蛋白质含量的主要因素。赵金梅等^[20]与 Halim 等^[24]的研究结果表明无灌水处理的茎叶比最低,后者还指出水分胁迫下紫花苜蓿茎叶比减少一方面是由于成熟度延迟,另一方面是水分胁迫对茎生长的抑制作用大于叶,本研究结果符合上述规律,同时解释了为何第2、3茬苜蓿的茎叶比随灌水量增加而增加。第1、4茬苜蓿茎叶比在4个处理间无明显差异,分析认为可能是由于这2茬苜蓿生长不受水分胁迫。

4.3 分枝数是反映个体的分枝能力和生长健壮程度的指标之一,分枝质量则反映个体大小,植物产量的高低取决于此二者大小的变化。虽然第2、3茬苜蓿的分枝数在4个处理间无明显差异,但相对于对照处理,其余各处理均显著提高二者分枝质量,并随灌水量的增加而增加,从而导致其产量也随之增加。

4.4 由于本研究是基于自然条件下进行的,因而灌溉量多寡以及灌水对苜蓿的影响受降水分布和降水量等因素影响较大,如第4茬苜蓿产量随灌水量增加而减少是由于7月以后华北平原降水量略大于苜蓿需水量所致,但具体的需水量,或者说会造成苜蓿减产的降水量(或灌水量)的阈值尚无定量描述。因此,今后研究应当引入控制试验,以确定各生长期、生长阶段具体需水量,再结合降水量状况等进行水分补给或者排水,从而获得高产。

5 结论与建议

在试验前1年灌足冬水情况下,灌水对第1茬产量无显著影响,第2、3茬以及全年产量随灌水量增加而增加,第4茬则随灌水量增加而减少,第1~4茬苜蓿株高的变化规律与产量相同。

灌水对第1、4茬苜蓿茎叶比无显著影响,第2、3茬茎叶比随灌水量增加而增加。

第2、3茬苜蓿分枝质量随灌水增加呈增加趋势,灌水25、50、75 mm/次的分枝质量显著高于不灌水($P < 0.05$)。

因此,京南地区种植苜蓿应在第1、2茬苜蓿刈割后灌水,第4茬苜蓿生长期不宜灌水,在头年越冬前灌足冬水的情况下,返青也可不灌水。在生长季降水总量为391mm的情况下,全年最适宜灌水量为150 mm。

参考文献

- [1] 苏培玺,张小军,关志强. 河西走廊棉花耗水规律及双株双层高产栽培技术研究[J]. 中国农业生态学报, 2003, 11(3): 124-127.
- [2] 范文波,朱保荣,王振华,等. 弃耕地苜蓿耗水规律的研究[J]. 节水灌溉, 2003, 2(4): 9-10.
- [3] 徐敏云,刘自学,胡自治,等. 灌溉三种冷季型草坪草蒸散耗水的影响[J]. 草原与草坪, 2004, (1): 36-40.
- [4] 陈宝书. 牧草饲料作物栽培学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [5] 孙洪仁,刘国荣,张英俊,等. 紫花苜蓿的需水量、耗水量、需水强度、耗水强度和水分利用效率研究[J]. 草业科学, 2005, 22(12): 24-29.
- [6] 魏臻武,符昕,曹致中,等. 苜蓿生长特性和产草量关系的研究[J]. 草业学报, 2007, 16(4): 1-8.
- [7] 耿华珠,吴永敷,曹志中. 中国苜蓿[M]. 北京: 中国

- 农业出版社,1995.
- [8] 王琦,张恩和,龙瑞军,等.不同灌溉方式对紫花苜蓿生长性能及水分利用效率的影响[J].草业科学,2006,23(9):75-78.
- [9] 董国锋,成自勇,张自和,等.调亏灌溉对苜蓿水分利用效率和品质的影响[J].农业工程学报,2006,22(5):201-202.
- [10] 杨磊,杜太生,李志军,等.调亏灌溉条件下紫花苜蓿生长、作物系数和水分利用效率试验研究[J].灌溉排水学报,2008,27(6):102-104.
- [11] 孙洪仁,马令法,何淑玲,等.灌溉量对紫花苜蓿水分利用效率和耗水系数的影响[J].草地学报,2008,16(6):635-638.
- [12] 党志强,赵桂琴,龙瑞军.河西地区紫花苜蓿的耗水量与耗水规律初探[J].干旱区农业研究,2004,22(3):67-71.
- [13] 万素梅,胡建宏,胡守林,等.不同紫花苜蓿品种水分利用效率研究[J].西北农业学报,2004,13(2):133-137.
- [14] 孙洪仁,关天复,孙建益,等.不同年限紫花苜蓿(生长)水分利用效率和耗水系数的差异[J].草业科学,2009,26(3):39-42.
- [15] 张芮,成自勇,丁林,等.苜蓿水分利用效率及其提高措施的初步研究[J].草业科学,2007,24(5):41-44.
- [16] Brown P W, Tanner C B. Alfalfa stem density and leaf growth during water stress [J]. Agronomy Journal, 1983, 75: 799-805.
- [17] Saeed I A M, EI-Nadi A H. Irrigation effects on the growth, yield, and water use efficiency of alfalfa [J]. Irrigation Science, 1997, 17(2): 63-68.
- [18] 朱湘宁,郭继勋,梁存柱,等.华北平原地区灌溉对苜蓿产量及土壤水分的影响[J].中国草地,2002,24(1):32-37.
- [19] 孟林,毛培春,张国芳.京郊平原区苜蓿生产能力与耗水规律的研究[J].草业科学,2007,24(4):36-40.
- [20] 赵金梅,周禾,郭继承,等.灌溉对紫花苜蓿生产性能的影响[J].草原草坪,2007(1):38-41.
- [21] 朱湘宁.华北平原苜蓿节水灌溉制度研究[D].长春:东北师范大学,2003.
- [22] 贾恒以,穆兴民,雍绍萍.沙打旺水肥协同效应研究——水肥协同效应对产量及土壤养分的影响[J].中国草地,1993(6):35-39.
- [23] 陈淑义.水分胁迫对苜蓿生长和品质的影响及生理基础[D].泰安:山东农业大学,2006.
- [24] Halim R A, Buxton D R, Hattendorf M J, *et al.* Water-stress effects on alfalfa forage quality after adjustment for maturity differences[J]. Agronomy Journal, 1989, 81(2): 189-194.

Effects of irrigation amount on alfalfa productivity in south of Beijing

WEN Xia^{1,2}, HOU Xiang-yang², MU Huai-bin²

(1. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Gansu Lanzhou 730020, China; 2. Grassland Research Institute of Chinese Academy of Agriculture Sciences, Inner Mongolia Hohhot 010010, China)

Abstract: Four irrigation treatments (0, 25, 50, 75 mm per time, 3 times in a year round) were designed to study the productivity response of alfalfa planted 3 years ago in south of Beijing through measuring the yield, leaf to stem ratio, plant height in early flowering stage and dry matter of single plant of second and third harvests. The results showed that if enough water was supplied in last winter, the irrigation treatment did not affect the yield of the first harvest, but the second harvest, third harvest and annual yield increased with the irrigation amount. However, the yield of fourth harvest was reduced. Plant height in all harvesting times showed the same trend with the yield. In addition, the irrigation did not significantly affect the leaf-stem ratio of the first and fourth harvests. Stem-leaf ratio and weight of single branch in the second and third harvesting times increased with the irrigation amount. Therefore, irrigation should be performed after the first and second harvests. it should not be irrigated at the growing period after third harvest and the stage of turning green if irrigated in last winter. The best annual irrigation amount was 150 mm while the rainfall in growing season was 390 mm.

Key words: irrigation; alfalfa; productivity; branching characteristics