

张康柱 李志骞 白杜娟 等. 关中平原土壤水分高效利用苜蓿品种筛选研究[J]. 江苏农业科学 2020 48(3):184-189.

doi: 10. 15889/j. issn. 1002-1302. 2020. 03. 032

关中平原土壤水分高效利用苜蓿品种筛选研究

张康柱¹, 李志骞¹, 白杜娟², 白岗栓^{3,4}, 尚永孝¹, 王孟刚¹

(1. 陕西省畜牧产业试验示范中心 陕西泾阳 713702; 2. 杨凌农业高科技发展股份有限公司 陕西杨凌 712100;

3. 西北农林科技大学水土保持研究所 陕西杨凌 712100; 4. 中国科学院水利部水土保持研究所 陕西杨凌 712100)

摘要: 为了给关中平原筛选产草量高、水分利用效率高的优良苜蓿品种,以关中平原的主栽苜蓿品种关中苜蓿为对照,监测巨能 601、巨能耐湿、雷霆、丹农 VNS、北极熊等 9 个苜蓿品种不同刈割期的产草量以及 0~200 cm 土层土壤水分含量、土壤水分利用效率。结果表明,在降水量丰富的年份且可灌溉的关中平原,不同苜蓿品种从返青至最后一次刈割期前的田间耗水量基本一致且无显著性差异,其中巨能 601 的产草量及土壤水分利用效率显著高于其他品种,而关中苜蓿的产草量及土壤水分利用效率显著低于其他品种。关中平原应以产草量高、水分利用效率高的巨能 601 作为主要推广品种,淘汰产草量低、水分利用效率低的关中苜蓿。

关键词: 苜蓿; 品种; 产草量; 土壤水分; 土壤水分利用效率

中图分类号: S551+.703.7 文献标志码: A 文章编号: 1002-1302(2020)03-0184-06

苜蓿(*Medicago sativa* L.) 适应性广,抗旱性强,产草量高,不仅是世界上种植面积最大的多年生优质豆科牧草^[1-3],而且是关中平原栽培的一类高蛋白、高纤维的优质蔬菜。近年来,随着粮食作物经济效益的不断降低及“粮-经-饲”三元种植结构

的调整,苜蓿已经成为传统粮食产区农业种植结构转型中的一个重要产业^[4]。水分利用效率是农业生产中的一个重要指标,是农业生产研究中的重要理论问题之一。苜蓿生长发育期需水较多且土壤水分利用效率较低^[5],有关苜蓿抗旱性^[6-7]、不同灌溉方式对苜蓿生长发育的影响^[8-12]及不同栽培措施提高苜蓿土壤水分利用效率^[13-14]的报道较多。农业生产的众多因素中,品种的贡献率往往超过 30%^[15],但有关不同苜蓿品种对土壤水分利用的影响报道^[16-17]较少。关中平原又称渭河平原,是黄河流域传统的粮棉生产基地,随着农村产业结构的调

收稿日期: 2018-11-30

基金项目: 国家重点研发计划(编号: 2016YFC0501702)。

作者简介: 张康柱(1964—),男,陕西咸阳市人,农艺师,主要从事牧草方面的研究。E-mail: 15991681488@163.com。

通信作者: 白岗栓,硕士,研究员,主要从事农田生态方面的研究。E-mail: gshb@nwsuaf.edu.cn。

[5]郭平银,齐士军,徐宪斌,等. 能源植物甜高粱的研究利用现状及展望[J]. 山东农业科学 2007(3): 126-128.

[6]何振富,贺春贵,刘晓伟,等. 饲用高粱全膜双垄沟播技术规程[J]. 甘肃农业科技 2015(2): 84-86.

[7]柴庆伟. 利用甜高粱秸秆榨汁后的皮渣替代玉米秸秆制取青贮饲料[D]. 石河子: 石河子大学 2010.

[8]李新胜,张春喜,孙哲,等. 加酶高粱青贮对奶牛产奶量的影响[J]. 中国奶牛 2001(1): 27-28.

[9]高立芳,陈佳,张健,等. 大力士甜高粱饲喂奶牛效果试验[J]. 上海畜牧兽医通讯 2010(6): 34-35.

[10] Amer S, Seguin P, Mustafa A F. Short communication effects of feeding sweet sorghum silage on milk production [J]. Journal of Dairy Science 2012 95(2): 859-863.

[11]李 宁,常海滨,黄 威. 不同种植密度·施肥水平·收获次数对饲用油菜产量的影响[J]. 安徽农业科学 2018 46(8): 86-87, 107.

[12]徐 艳,杨 巍,李文镭. 发展饲草高粱前景展望[J]. 杂粮作

物 2006 26(2): 152-153.

[13]李建平,郭 孝. 国内外饲用高粱生产、科研状况及应用前景[J]. 饲料研究 2007(10): 68-70.

[14]张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社 2003.

[15]薛建国,刘忠宽,王显国,等. 引进 BMR 饲用高粱在环渤海地区的田间生产性能评价[J]. 河北农业科学 2011 15(11): 9-13.

[16]刘景辉,赵宝平,焦立新,等. 刈割次数与留茬高度对内农 1 号苏丹草产草量和品质的影响[J]. 草地学报 2005 13(2): 93-96, 110.

[17]丁成龙,顾洪如,许能祥,等. 不同刈割期对多花黑麦草饲草产量及品质的影响[J]. 草业学报 2011 20(6): 186-194.

[18]丁光省. 我国青贮玉米发展现状及发展方向[J]. 中国乳业, 2018(4): 2-8.

[19]何振富. 不同饲用甜高粱品种及刈割次数对产量和营养成分的影响[C]//中国畜牧业协会. 第三届(2014)中国草业大会论文集. 北京: 中国畜牧业协会 2014: 7.

整及当地民众对苜蓿的采食,苜蓿种植面积不断增加^[18],但种植的品种大多数为关中苜蓿,产草量较低且土壤水分利用效率低,关中平原急需产草量高且土壤水分利用效率较高的优良苜蓿品种。为了鉴别陕西省近年来引进、选育的优良苜蓿优良品种的产草量及土壤水分利用效率,为关中平原苜蓿推广提供依据,于2015—2017年开展了土壤水分高效利用苜蓿品种筛选研究。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于关中平原中部的泾阳县,陕西省畜牧产业试验示范中心,位于108°56′38″E,34°34′28″N,海拔435 m。试验地年均气温为13℃,最低气温为-20.8℃,最高气温为41.4℃;年均降水量为548.7 mm;年日照时数为2 195.2 h,无霜期为213 d,为暖温带大陆性季风气候。试验地地处泾河下游,排灌方便,土壤为壤土,质地为粉沙黏壤质,耕层土壤容重为1.28 g/cm³,土壤孔隙度为51%,田间持水量为22%,凋萎系数为8.6%,土壤有机质含量为1.1%,全氮含量为0.914 g/kg,全磷含量为1.77 g/kg,全钾含量为21.03 g/kg,碱解氮含量为63.21 mg/kg,速效磷含量为2.78 mg/kg,速效钾含量为201.34 mg/kg,pH值为7.98。20~200 cm土层土壤比较均一,平均土壤容重为1.30 g/cm³。

1.2 供试材料

供试材料为陕西省近年来从国内外引进、选育的优良苜蓿品种,分别为维多利亚、SR4030、MF4020、前景、雷霆、北极熊、巨能601、巨能耐湿、丹农VNS及当地的关中苜蓿共10个品种。不同品种均于2015年10月8日播种,行距为30 cm,播种深度为2.0 cm,播种量均为15.0 kg/hm²。不同小区之间间隔1.2 m,边缘修高为30 cm、底宽为30 cm的田埂,防止灌溉水串灌及相互渗透。

1.3 试验设计

2015年至2016年为预试验阶段,2017年为试验监测阶段。

试验以关中苜蓿为对照,监测维多利亚、SR4030、MF4020、前景、雷霆、北极熊、巨能601、巨能耐湿、丹农VNS在关中平原灌区的产草量及其土壤水分利用效率。

试验采用完全随机设计,10个处理,3次重复,

共30个小区,小区面积为8 m×12 m=96 m²。

1.4 测定项目

1.4.1 降水量及灌水量 试验地设有自动雨量监测仪,测定2017年试验监测期间的降水量。试验监测期间记录每次的灌水日期及灌水量(灌水量通过水表计数)。

1.4.2 苜蓿生长状况 2017年监测苜蓿返青期、分枝期、现蕾期及初花期,并测定不同品种现蕾期及初花期的株高。

1.4.3 苜蓿产草量 不同苜蓿品种的产草量以其地上部的生物量来表示。2017年苜蓿生长发育期,当苜蓿株高达到60 cm以上时进行刈割并记录刈割日期及测定苜蓿株高,刈割时每个小区随机选择3个样点,每个样点1 m²,留茬高度为3 cm左右,刈割后及时称取鲜草质量并取其平均值作为该小区的鲜草质量。鲜草称样后称取部分鲜草,在105℃下杀青30 min,然后在80℃烘干至恒质量,测其干草质量并计算生物量,作为产草量。

1.4.4 土壤水分 于2017年苜蓿返青灌溉前及每次刈割前,以10 cm土层为一层,分层采取0~200 cm土层土壤,用烘干法测定土壤含水率。根据土壤容重、土层厚度换算成土壤水层厚度^[19-20]。

$$W = \frac{Sw - Sd}{Sd} \times 100\% \quad (1)$$

式中:W为土壤质量含水率;Sw为湿土质量,g;Sd为干土质量,g。

$$Wh = 10Hs \cdot W \cdot d \quad (2)$$

式中:Wh为土壤水分含量(水层厚度),mm;Hs为土层厚度,cm;d为土壤容重,g/cm³。

0~200 cm土层土壤水层厚度为0~10、10~20、…、190~200 cm土层土壤水层厚度之和。

试验地土层深厚,田面平整,地下水位较深,土壤质地均一,不产生地下水补给、渗漏和土壤水分的水平运动,不同苜蓿品种某一生长发育期间的田间耗水量计算公式如下:

$$ET = p + I + \Delta h \quad (3)$$

式中:ET为不同苜蓿品种某一生长发育期间的田间耗水量,mm;p为不同苜蓿品种某一生长发育期间的降水量,mm;I为不同苜蓿品种某一生长发育期间的灌水量,mm;Δh为不同苜蓿品种某一生长发育期间的土壤水分变化值(返青前或上次刈割前的土壤水分与下次刈割前的土壤水分差值),mm。

苜蓿水分利用效率(water use efficiency,简称

WUE) 为苜蓿某一生长发育期的产草量 B (单位为 kg/hm^2) 与某一生长发育期田间耗水量 ET 的比值, 计算公式如下:

$$WUE = B/ET。 \quad (4)$$

1.5 农事管理

供试苜蓿均于 2015 年 10 月 8 日播种, 行距均为 30 cm, 播种深度均为 2.0 cm, 播种量均为 $15.0 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。2016 年苜蓿返青时进行春灌并随水追施 45% 青海云天复合肥 $120 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。2016 年当苜蓿高度达到 60 cm 以上时进行刈割, 每次刈割后并随灌溉水追施尿素 $120 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。2016 年分别在 5 月 30 日、7 月 20 日及 9 月 30 日进行刈割。

2017 年 3 月 3 日每个小区浇返青水 80 mm, 并随水追施 45% 青海云天复合肥 $120 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。2017 年当苜蓿株高达到 60 cm 后进行刈割, 每次刈割后根据降水状况进行灌水, 并在降水后或随灌水追施尿素 $125 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

2015 年至 2017 年苜蓿生长期及时防治病虫害并及时去除田间杂草。

1.6 数据分析方法

试验数据采用 Excel 2007 制作图表, 采用 SPSS 19.0 软件进行单因素方差分析; 若不同品种间差异显著, 则采用 Duncan's 多重比较进行检验。

2 结果与分析

2.1 试验期间的降水量和灌水量

2017 年返青时灌水 80 mm, 返青至第 1 次刈割 (5 月 20 日) 78 d 降水 201.3 mm; 第 1 次刈割至第 2 次刈割 (6 月 27 日) 38 d 降水 217.5 mm, 灌水 80 mm; 第 2 次刈割至第 3 次刈割 (8 月 20 日) 54 d 降水 247.7 mm, 灌水 80 mm; 第 3 次刈割至第 4 次刈割 (10 月 15 日) 56 d 降水 807.0 mm, 未进行灌溉。2017 年苜蓿返青至第 4 次刈割共降水 1 473.5 mm, 灌水 240 mm, 其中第 3 次刈割 (8 月 20 日) 至第 4 次刈割 (10 月 15 日) 的降水量远高于常年的降水量 (548.7 mm), 2017 年为多年少见的多雨年 (图 1)。

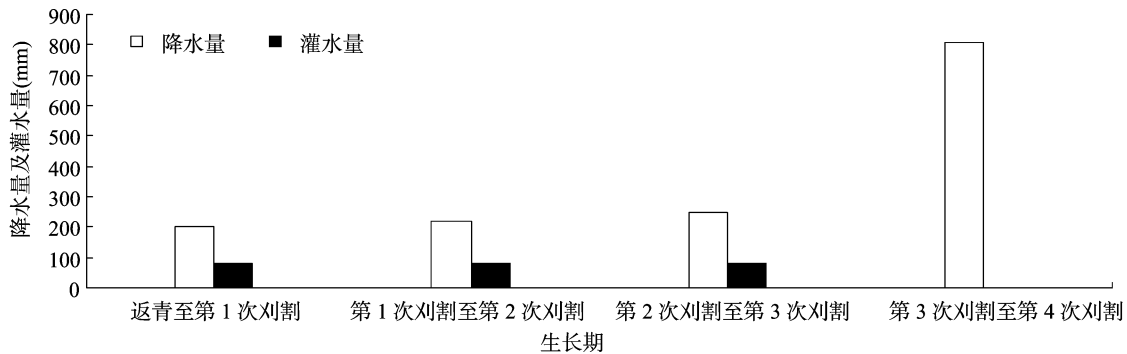


图1 试验期间的降水量及灌水量

2.2 不同苜蓿品种生长状况

不同苜蓿品种均于 2017 年 3 月 3 日开始返青。不同品种的分枝期和现蕾期差异较大, 初花期较相近, 其中关中苜蓿的分枝期、现蕾期及初花期最早, 巨能耐湿的最晚, 不同品种均可在关中平原正常生长发育。现蕾期、初花期时, 前景、MF4020 的株高较高, 雷霆、丹农 VNS 的株高较低 (表 1)。

2017 年 5 月 20 日、6 月 27 日、8 月 20 日及 10 月 15 日对不同苜蓿品种进行刈割, 从第 1 次刈割至最后一次刈割, 不同品种的产草量均逐渐降低, 但不同品种的株高变化不大 (表 2)。

无论是第 1 次刈割还是第 4 次刈割, 不同品种的株高均表现为前景和 MF4020 较高, 雷霆、丹农 VNS 及巨能 601 较低。第 1 次刈割巨能 601 和雷霆

的产草量较高, 而前景、维多利亚及北极熊的较低。第 2 次刈割巨能 601 和前景的产草量较高, 而关中苜蓿和北极熊的较低。第 3 次刈割巨能 601、MF4020 和丹农 VNS 的产草量较高, 而北极熊、维多利亚的较低。第 4 次刈割丹农 VNS 和前景的产草量较高, 而关中苜蓿、巨能 601 和雷霆的较低。

整个生长季不同品种的产草量表现为巨能 601 较高, 然后为丹农 VNS, 而关中苜蓿和北极熊的较低 (表 2)。

2.3 不同苜蓿品种 0 ~ 200 cm 土层土壤水分含量状况

返青时不同品种的土壤水分含量均值均在 325.40 mm 左右且无显著性差异。第 1 次刈割前前景、SR4030 和维多利亚 0 ~ 200 cm 土层土壤水分含

表 1 不同苜蓿品种的物候期及株高

品种	返青期 (年-月-日)	分枝期 (年-月-日)	现蕾期 (年-月-日)	初花期 (年-月-日)	株高(cm)	
					现蕾期	初花期
巨能 601	2017-03-03	2017-04-25	2017-05-12	2017-05-18	60.1b	65.0bc
雷霆	2017-03-03	2017-04-23	2017-05-10	2017-05-16	55.2c	60.1d
巨能耐湿	2017-03-03	2017-04-28	2017-05-14	2017-05-18	60.2b	66.9bc
丹农 VNS	2017-03-03	2017-04-25	2017-05-12	2017-05-18	58.1bc	63.1cd
关中苜蓿	2017-03-03	2017-04-20	2017-05-08	2017-05-13	65.1a	70.0ab
北极熊	2017-03-03	2017-04-23	2017-05-10	2017-05-18	63.0a	67.9b
维多利亚	2017-03-03	2017-04-25	2017-05-12	2017-05-18	64.9a	70.1ab
MF4020	2017-03-03	2017-04-23	2017-05-10	2017-05-18	67.9a	73.1ab
SR4030	2017-03-03	2017-04-25	2017-05-12	2017-05-18	60.0b	65.1bc
前景	2017-03-03	2017-04-25	2017-05-12	2017-05-18	68.0a	75.2a

注: 同列数据后不同小写字母表示不同品种同一生育时期存在显著性差异 ($P < 0.05$)。下表同。

表 2 不同品种不同刈割期的株高及产草量

品种	第 1 次刈割		第 2 次刈割		第 3 次刈割		第 4 次刈割		产草量合计 (kg/m ²)
	株高(cm)	产草量(kg/m ²)	株高(cm)	产草量(kg/m ²)	株高(cm)	产草量(kg/m ²)	株高(cm)	产草量(kg/m ²)	
巨能 601	65.2cd	0.85a	64.9cd	0.57a	65.3cd	0.35a	65.0cd	0.27ef	2.04a
雷霆	60.1d	0.75b	60.1d	0.48d	60.2d	0.30cd	60.1d	0.28de	1.81bc
巨能耐湿	67.2bc	0.71b	67.0bc	0.51cd	67.4bc	0.29de	66.9bc	0.30cd	1.81bc
丹农 VNS	63.1d	0.66c	62.8dc	0.55ab	63.2dc	0.32b	62.8dc	0.38a	1.91b
关中苜蓿	69.9ab	0.63c	70.1ab	0.29f	70.3ab	0.30cd	70.0ab	0.26f	1.48e
北极熊	68.1bc	0.58d	67.8bc	0.44e	68.2bc	0.19g	67.9bc	0.30cd	1.51e
维多利亚	69.9ab	0.57de	70.1ab	0.53bc	70.2ab	0.23f	70.1ab	0.33b	1.66d
MF4020	73.1a	0.66c	72.8ab	0.50cd	73.3ab	0.32b	73.2ab	0.29d	1.77cd
SR4030	65.2cd	0.59d	64.9cd	0.56ab	65.1cd	0.31bc	65.1cd	0.31e	1.77cd
前景	75.1a	0.54e	75.2a	0.57a	75.3a	0.28e	75.2a	0.37a	1.76cd

量显著高于巨能 601,其他品种之间无显著性差异。第 2 次刈割前维多利亚的土壤水分含量较高,巨能 601 的较低,但不同品种之间无显著性差异。第 3 次刈割前维多利亚的土壤水分含量显著高于巨能

601,其他品种之间无显著性差异。第 4 次刈割前关中苜蓿的土壤水分含量较高,丹农 VNS 的较低,但不同品种之间无显著性差异(表 3)。

表 3 不同品种不同生长期 0~200 cm 土层土壤水分

品种	0~200 cm 土层土壤水分含量(mm)				
	返青前	第 1 次刈割前	第 2 次刈割前	第 3 次刈割前	第 4 次刈割前
巨能 601	324.64a	274.68c	284.64a	328.65b	514.65a
雷霆	325.12a	277.65bc	286.24a	336.85ab	512.86a
巨能耐湿	324.78a	278.46abc	286.45a	339.87ab	512.64a
丹农 VNS	324.68a	284.98abc	285.68a	332.14ab	508.89a
关中苜蓿	325.97a	286.65abc	288.46a	337.64ab	514.89a
北极熊	325.56a	288.68abc	289.78a	344.56ab	511.65a
维多利亚	326.12a	289.84ab	291.32a	346.54a	510.42a
MF4020	325.89a	285.46abc	286.89a	334.56ab	512.64a
SR4030	325.68a	291.35ab	287.98a	334.86ab	512.64a
前景	325.78a	292.65a	288.26a	341.23ab	509.87a

2.4 不同苜蓿品种的田间耗水量及水分利用效率
返青至第 1 次刈割前巨能 601 的田间耗水量显著高于前景,其他品种之间无显著性差异;返青至

第 1 次刈割前不同品种的土壤水分利用效率差异较大,其中巨能 601 的最高,其次是雷霆和巨能耐湿,而前景和维多利亚的较低,不同品种之间存在显著

性差异。第1次刈割至第2次刈割前前景的田间耗水量较高,巨能601的田间耗水量较低,不同品种之间无显著性差异。第1次刈割至第2次刈割前巨能601、前景和SR4030的土壤水分利用效率较高,关中苜蓿、北极熊和雷霆的较低,不同品种之间存在显著性差异。第2次刈割至第3次刈割前巨能601和SR4030的田间耗水量较高,维多利亚和北极熊的较低,不同品种之间无显著性差异;第2次刈割至第3次刈割前巨能601和MF4020的土壤水分利用效率较高,北极熊和维多利亚的较低,不同品种之间存在显著性差异。第3次刈割至第4次刈割前维

多利亚和北极熊的田间耗水量较高,巨能601和MF4020的田间耗水量较低,不同品种之间无显著性差异;第3次刈割至第4次刈割前丹农VNS和前景的土壤水分利用效率较高,关中苜蓿和北极熊的较低,不同品种之间存在显著性差异。整个生长发育期不同品种的田间土壤耗水量在1526.80 mm左右,不同品种之间无显著性差异;整个生长发育期巨能601的土壤水分利用效率最高,其次为丹农VNS、雷霆和巨能耐湿,而关中苜蓿和北极熊的土壤水分利用效率最低,不同品种之间存在显著性差异(表4)。

表4 不同品种不同刈割期田间耗水量及土壤水分利用效率

品种	返青至第1次刈割前		第1次刈割至第2次刈割前		第2次刈割至第3次刈割前		第3次刈割至第4次刈割前		整个生长季	
	田间耗水量 (mm)	土壤水分 利用效率 [kg/(mm·hm ³)]	田间耗水量 (mm)	土壤水分 利用效率 [kg/(mm·hm ³)]	田间耗水量 (mm)	土壤水分 利用效率 [kg/(mm·hm ³)]	田间耗水量 (mm)	土壤水分 利用效率 [kg/(mm·hm ³)]	田间耗水量 (mm)	土壤水分 利用效率 [kg/(mm·hm ³)]
巨能601	331.26a	25.66a	287.54a	19.82a	283.69a	12.34a	621.00a	4.35ef	1523.49a	13.39a
雷霆	328.77ab	22.81b	288.91a	16.61e	277.09a	10.83bc	630.99a	4.44de	1525.76a	11.86bc
巨能耐湿	327.62ab	21.67b	289.51a	17.62cd	274.28a	10.57c	634.23a	4.73c	1525.64a	11.86bc
丹农VNS	321.00ab	20.56c	296.80a	18.53abc	281.24a	11.38b	630.25a	6.03a	1529.29a	12.49b
关中苜蓿	320.62ab	19.65cd	295.69a	9.81g	278.52a	10.77bc	629.75a	4.13f	1524.58a	9.71e
北极熊	318.18ab	18.23e	296.40a	14.84f	272.92a	6.96e	639.91a	4.69cd	1527.41a	9.89e
维多利亚	317.58ab	17.95ef	296.02a	17.9bcd	272.48a	8.44d	643.12a	5.13b	1529.20a	10.86d
MF4020	321.73ab	20.51c	296.07a	16.89dc	280.03a	11.43b	628.92a	4.61cd	1526.75a	11.59c
SR4030	315.63ab	18.69de	300.87a	18.61ab	280.82a	11.04bc	629.22a	4.93bc	1526.54a	11.59c
前景	314.43b	17.17f	301.89a	18.88ab	274.73a	10.19c	638.36a	5.80a	1529.41a	11.51c

3 讨论

水分是影响苜蓿生长发育的主要因素之一,尤其在苜蓿生长前期,轻度干旱也会限制苜蓿生长,降低苜蓿产草量^[21-22],但当土壤水分过多则会引起土壤通气不良,产生涝渍化,降低苜蓿土壤水分利用效率^[23]。在干旱半干旱地区,苜蓿产草量及生长年限主要受土壤水分限制,苜蓿对土壤水分,特别是对深层土壤水分的强烈消耗是导致苜蓿生产力随生长年限延长而降低的重要原因^[1,18,24-31]。苜蓿年田间耗水量为500~800 mm,高产苜蓿的年田间耗水量为750~800 mm^[14],适度的土壤水分可促进苜蓿生长^[32-33]。试验地在返青期、第1次刈割后和第2次刈割后共灌水240 mm,返青至第3次刈割前共降水666.5 mm,返青至第3次刈割前试验地土壤水分含量较高,苜蓿生长应不受土壤水分的影响

^[9,13,34]不同品种的生长应主要与品种生长特性密切相关^[5,16-17]。返青至第3次刈割前巨能601的产草量及土壤水分利用效率均高于其他品种,仅在第4次刈割时的产草量及第3次刈割至第4次刈割前的土壤水分利用效率低于前景及丹农VNS,这主要是第3次至第4次刈割56 d降水807.0 mm,远高于苜蓿最适宜生长的供水量,说明巨能601较前景及丹农VNS的耐湿性、耐涝性差。由于第4次刈割所获取的产草量在整个生长期所占的比例较小,整个生长期巨能601的产草量及土壤水分利用效率仍表现为最高,其次为丹农VNS。

4 结论

在降水量丰富的年份且可灌溉的关中平原,不同苜蓿品种从返青至最后一次刈割前的田间耗水量基本一致且无显著性差异,其中巨能601的产草

量及土壤水分利用效率显著高于其他品种,关中苜蓿则显著低于其他品种。关中平原应以产草量高及水分利用效率高的巨能601作为主要推广品种,淘汰产草量低、水分利用效率低的关中苜蓿。

参考文献:

- [1]金凤霞,麻冬梅,刘昊焱,等.不同种植年限苜蓿地土壤环境效应的研究[J].干旱地区农业研究,2014,32(2):73-77.
- [2]刘玉华,贾志宽,史纪安,等.旱作条件下不同苜蓿品种光合作用的日变化[J].生态学报,2006,26(5):1468-1477.
- [3]张曦,王振南,陆姣云,等.紫花苜蓿叶性状对干旱的阶段响应[J].生态学报,2016,36(9):2669-2676.
- [4]杨菁,谢应忠,吴旭东,等.不同种植年限人工苜蓿草地植物和土壤化学计量特征[J].草业学报,2014,23(2):340-345.
- [5]伏兵哲,高雪芹,高永发,等.21个苜蓿品种主要农艺性状关联分析与综合评价[J].草业学报,2015,24(11):174-182.
- [6]周玲艳,刘胜洪,秦华明,等.5个苜蓿品种叶片表面蜡质覆盖与抗旱性的关系[J].草业科学,2013,30(4):596-601.
- [7]姜华,毕玉芬,陈连仙,等.旱作条件下紫花苜蓿生理特性的研究[J].草地学报,2012,20(6):1077-1080.
- [8]张爱宁,王玉祥,隋晓青,等.不同灌溉方式对苜蓿形态及生理的影响[J].中国农学通报,2014,30(18):161-165.
- [9]郭学良,李卫军.不同灌溉方式对紫花苜蓿产量及灌溉水利用效率的影响[J].草地学报,2014,22(5):1086-1090.
- [10]王宏洋,李陈建,陈述明,等.不同灌水量对苜蓿花部性状、结荚率和种子产量的影响[J].中国草地学报,2015,37(5):52-56.
- [11]Li X L, Su D R, Yuan Q H. Ridge-furrow planting of alfalfa (*Medicago sativa* L.) for improved rainwater harvest in rainfed semiarid areas in Northwest China[J]. Soil and Tillage Research, 2007, 93(1): 117-125.
- [12]Jia Y, Li F M, Wang X L. Soil water and alfalfa yields as affected by alternating ridges and furrows in rainfall harvest in a semiarid environment[J]. Field Crops Research, 2006, 97(2/3): 167-175.
- [13]霍海丽,王琦,张恩和,等.不同集雨种植方式对干旱区紫花苜蓿种植的影响[J].应用生态学报,2013,24(10):2770-2778.
- [14]李新乐,侯向阳,穆怀彬.不同降水年型灌溉模式对苜蓿草产量及土壤水分动态的影响[J].中国草地学报,2013,35(5):46-51.
- [15]杨青川,康俊梅,张铁军,等.苜蓿种质资源的分布、育种与利用[J].科学通报,2016,61(2):261-270.
- [16]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.
- [17]霍海丽,王琦,师尚礼,等.灌溉和施磷对紫花苜蓿分枝数、干草产量及水分利用效率的影响[J].土壤通报,2013,44(4):905-911.
- [18]韩博,张攀,王卫栋,等.关中地区紫花苜蓿生产性能和利用年限的研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(2):51-56.
- [19]杜社妮,白岗栓,赵世伟,等.沃特和PAM施用方式对土壤水分及玉米生长的影响[J].农业工程学报,2008,24(11):30-35.
- [20]杜社妮,白岗栓,赵世伟,等.沃特和PAM保水剂对土壤水分及马铃薯生长的影响研究[J].农业工程学报,2007,23(8):72-79.
- [21]Guitjens J C. Alfalfa irrigation during drought[J]. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 1993, 119(6): 1090-1098.
- [22]Brown P W, Tanner C B. Alfalfa stem and leaf growth during water stress[J]. Agronomy, 1983, 75(5): 799-805.
- [23]Halim R A, Buxton D R, Hattendorf M J, et al. Water-deficit effects on alfalfa at various growth stages[J]. Agronomy Journal, 1989, 81(5): 765-770.
- [24]李玉山.苜蓿生产力动态及其水分生态环境效应[J].土壤学报,2002,39(3):404-411.
- [25]万素梅,贾志宽,韩清芳,等.黄土高原半湿润区苜蓿草地土壤干层形成及水分恢复[J].生态学报,2008,28(3):1045-1051.
- [26]万素梅,胡守林,贾志宽,等.黄土高原地区苜蓿生产力动态及其土壤水分消耗规律[J].农业工程学报,2007,23(12):30-34.
- [27]李军,陈兵,李小芳,等.黄土高原不同干旱类型区苜蓿草地深层土壤干燥化效应[J].生态学报,2007,27(1):75-89.
- [28]谢军红,柴强,张仁陟,等.黄土高原区多年生苜蓿地土壤干层恢复的适宜后茬筛选[J].水土保持学报,2014,28(5):51-57.
- [29]罗珠珠,李玲玲,牛伊宁,等.陇中黄土高原半干旱区苜蓿地土壤干燥化特征及适宜种植年限[J].应用生态学报,2015,26(10):3059-3065.
- [30]程积民,万惠娥,王静.黄土丘陵区紫花苜蓿生长与土壤水分变化[J].应用生态学报,2005,16(3):435-438.
- [31]黄明斌,杨新民,李玉山.黄土高原生物利用型土壤干层的水文生态效应研究[J].中国生态农业学报,2003,11(3):114-116.
- [32]张春霞,郝明德,魏孝荣,等.黄土高原沟壑区苜蓿地土壤水分剖面特征研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(6):604-607.
- [33]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].干旱地区农业研究,2004,22(3):67-71.
- [34]陶雪,苏德荣,乔阳,等.西北旱区灌溉方式对苜蓿产量及品质的影响[J].草业科学,2015,32(10):1641-1647.