

# 不同灌溉量对紫花苜蓿生长特性及生物量的影响

张庆霞<sup>1,2</sup>, 宋乃平<sup>1</sup>, 陈林<sup>1</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 马琼<sup>3</sup>, 张伟<sup>3</sup>

(1. 西北退化生态系统恢复与重建省部共建教育部重点实验室, 宁夏 银川 750021;

2. 宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021; 3. 宁夏综合农业开发办公室, 宁夏 银川 750001)

**摘 要:** 采用随机区组试验设计, 研究了不同灌溉量对紫花苜蓿生长特性和生物量的影响, 阐明了水分状况与苜蓿生长特性的关系。(1) 在苜蓿整个生育期中, 各处理的叶面积从分枝期到盛花期变化趋势基本相同, 都是先升后降; 不同灌溉量对茎叶比产生的作用不明显; 不同生育期苜蓿的植株高度随灌溉量的增加而增高。(2) 现蕾期前后是苜蓿鲜生物量形成的关键时期。因此在现蕾期进行合理灌溉, 对苜蓿叶面积、植株高度和产量的提高具有较大影响。

**关键词:** 紫花苜蓿; 灌溉量; 生长特性; 生物量

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2009)02-0150-05

中图分类号: Q945.17

## Effects of Irrigation Quantity on the Production and Biomass of Alfalfa

ZHANG Qing-xia<sup>1,2</sup>, SONG Nai-ping<sup>1</sup>, CHEN Lin<sup>1</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, MA Qiong<sup>3</sup>, ZHANG Wei<sup>3</sup>

(1. United Research Center for Exploitation of Ecology and Biological

Resources in Western China, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 2. School of

Resource and Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China; 3. Office of

Integrated Agricultural Development in Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan, Ningxia 750001, China)

**Abstract:** The objective of this study was to ascertain the best irrigation methods through researching the effects of different irrigation on alfalfa biological characteristics and biomass by a randomized block experiment. The main conclusions were as follows: (1) The leaf area of alfalfa increased from branching period to full flowering period; Irrigation quantity increased shoot/leaf ratio unremarkably; The bigger height of alfalfa appeared at higher irrigation quantity. (2) Budding period is the key stage affecting fresh biomass formation, so reasonable irrigation should be carried out at this time to improve the leaf area, height and output.

**Keywords:** alfalfa; irrigation quantity; biological characteristic; biomass

紫花苜蓿是具有世界栽培意义的深根系多年生优质豆科牧草, 它具有耐旱, 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<sup>[1]</sup>。有研究表明<sup>[2]</sup>, 在灌溉条件下, 中等肥力土地年干草产量可达 15 000 kg/hm<sup>2</sup>, 而旱地生产条件下紫花苜蓿现实生产力在半干旱偏旱区干草产量为 4 500~5 250 kg/hm<sup>2</sup>, 半干旱区为 5 250~975 0 kg/hm<sup>2</sup>。当供水量为种子干重的 100% 和 150% 时, 苜蓿种子发芽率分别为 28.0% 和 99.8%<sup>[3]</sup>。干旱胁迫下, 苜蓿的密度、盖度、草产量、种子产量都会受到影响<sup>[4-7]</sup>。干旱对牧草造成的损失在所有的非生物胁迫中占首位, 仅次

于生物胁迫病虫害造成的损失<sup>[8]</sup>。由此可见, 水分不仅是构成紫花苜蓿的主要成分, 而且参与紫花苜蓿的生理、生化、代谢和光合作用, 并溶解矿物质和氧、二氧化碳, 参加体内各种循环, 同时水分还影响其它环境因子, 对紫花苜蓿产生间接的影响。紫花苜蓿在不同生长发育阶段, 消耗水量不同。而光合作用是形成植物生产力的根本源泉, 它几乎贯穿在整个生命活动中, 如植物生长发育, 组织分化, 器官形成, 开花结实, 衰老和抗性等方面<sup>[9]</sup>。紫花苜蓿经济产量的高低, 品质的好坏都与光合作用密切相关, 叶片是植物进行光合作用的最主要的器官, 叶面积的增加可以增加植株总的光合面积, 提高光合能力; 茎叶比是衡量牧草经济性状

收稿日期: 2008-12-19

修回日期: 2009-01-22

资助项目: 宁夏农业综合开发办公室委托项目“盐池县马儿庄人工草地建群试验研究与监测跟踪”; 国家自然科学基金项目(30660039)

作者简介: 张庆霞(1983—), 女(汉族), 山东省莒南县人, 硕士研究生, 研究方向为区域可持续发展。E-mail: zqx\_y2007@nxu.edu.cn.

通信作者: 宋乃平(1963—), 男(汉族), 教授, 博士, 主要研究方向为土地资源开发及其可持续利用。E-mail: songnp@163.com.

一个重要指标,并能较好地反映牧草适口性及青干草品质;而植株高度既是衡量其生长发育状况的重要标准,又是反应草地生产能力的生产指标。本试验主要研究了不同水分状况对紫花苜蓿叶面积、茎叶比和植株高度以及生物量的影响,为各时期紫花苜蓿生长需水情况提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地自然概况

试验地处于宁夏盐池县马儿庄乡,属温带大陆性气候,按宁夏气候分区,属盐池—同心—香山干旱草原半荒漠区。四季分明,春季多风,夏季炎热,秋季凉爽,冬季寒冷,多年平均温度为  $7.7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温为  $3430.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  积温为  $2\ 949\text{ }^{\circ}\text{C}$ <sup>[10]</sup>,年平均日照时数为  $2\ 867.9\text{ h}$ ,无霜期  $128\text{ d}$ ,多年平均降雨量  $256.4\text{ mm}$ ,年际变化大,时空分布不均,降雨量主要集中在7—9月份,占全年的62%,其中大部分以局地暴雨形式出现,年平均蒸发量为  $2\ 179.8\text{ mm}$ 。

### 1.2 试验材料

试验使用4a生紫花苜蓿,单播,播种量为  $15\text{ kg/hm}^2$ 。条播,行距  $30\sim 50\text{ cm}$ ,播深  $2\sim 3\text{ cm}$ 。本文所用数据均为2008年测定。

### 1.3 试验设计与方法

试验于2008年7月10日至9月20日对紫花苜蓿的第二茬整个生长期进行观测,记录苜蓿的返青期、分枝期、现蕾期、初花期、盛花期的多项生长指标。记录标准为目测,当20%的植株进入物候期即为初期,80%即为盛期<sup>[11]</sup>。选择地势平坦的地段设18个小区,小区面积  $4\text{ m}\times 4\text{ m}$ ,起垄高  $30\text{ cm}$ ,小区间设  $2\text{ m}$  隔离带。18个小区分为三组,在第二茬紫花苜蓿生长初期(7月10日)进行灌溉,整个生育期共灌水4次,每次灌水量、灌水时间按设计进行。设6个灌溉梯度(CK, 50, 80, 110, 140, 170 mm),其中CK为不灌溉处理,每个处理三次重复。直接用塑料软管送水至小区,灌溉量以水表计量。

自第二茬紫花苜蓿返青期(7月20日)开始,在各小区选取叶龄基本一致,能代表全小区平均情况的10枝植株进行标记,每隔10 d测1次植株的拉伸高度,三次重复,取其平均值。生物量采用刈割法,齐地面刈割,留茬  $2\sim 3\text{ cm}$ ,样方为  $0.5\text{ m}\times 0.5\text{ m}$ ,共3次重复。分别称量总生物量鲜重,选取10枝单枝称取茎叶鲜重,并称取  $2\text{ g}$  叶片,采用扫描像素法测量叶面积<sup>[12]</sup>。之后,  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  杀青  $15\text{ min}$ ,再用 DHG-9010-

3s型电热鼓风干燥箱在  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$  低温烘至恒重。计算茎叶比和植株成长速度,其中茎叶比=鲜茎重/鲜叶重,植株生长速度=植株高度/生长天数。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同灌溉处理对紫花苜蓿生长性能的影响

2.1.1 不同灌溉处理紫花苜蓿叶面积变化 叶片是紫花苜蓿的主要光合器官,在不同生育期内为维持正常生长,需持有相当数量的叶片,叶量和叶面积随植株的生长而变化。各处理紫花苜蓿叶面积的动态变化见图1,在整个生育期中,紫花苜蓿叶面积从返青期到盛花期的变化趋势基本相同,都是先升后降。叶面积从返青期到分枝期增长幅度最大,在分枝期达到最大值,其中  $170\text{ mm}$  灌溉处理的叶面积峰值为  $140.19\text{ mm}^2$ ,比对照高  $5.4\%$ ,之后逐渐减小,盛花期叶面积又略有增大。这是由于植株从营养生长向生殖生长转换中,光合作用积累的大部分水分不再供给新生叶片等的营养生长,而是供应给花蕾,以保证植株能正常结实。这和张杰<sup>[13]</sup>的研究结论一致。

从图1中可以看出,灌溉对叶面积的影响较大,各时期的灌溉处理叶面积均高于对照。不同灌溉处理对叶面积的影响则随着生育期的不同而不同,在返青期各灌溉处理间叶面积没有显著差异,从分枝期开始,叶面积随着灌溉处理出现差异,  $50\text{ mm}$  灌溉处理的叶面积在返青期到现蕾期与对照差异不显著,现蕾期后各处理的苜蓿叶面积与对照差异增大。现蕾期最大灌溉量处理( $170\text{ mm}$ )的叶面积明显高于最小灌溉量( $50\text{ mm}$ )的叶面积。

各生育期叶面积的变异系数也有所不同,返青期的叶面积变异系数最大(详见表1),说明在这一时期叶片增长最快,这点从图1也可以看出;在分枝期,叶面积达到最大值时的变异系数反而最小;而在现蕾期变异系数较分枝期又有明显提高。这表明现蕾期是苜蓿生育期的转折点,在现蕾期进行灌溉比在分枝期更能有效提高紫花苜蓿叶面积,进而提高紫花苜蓿产量。

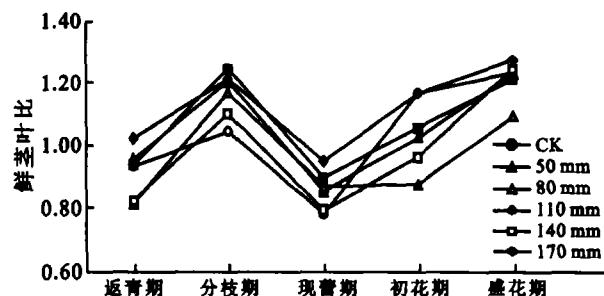


图1 不同灌溉处理紫花苜蓿叶面积动态变化

表 1 不同生育期紫花苜蓿叶面积动态变化 mm <sup>2</sup>					
项目	返青期	分枝期	现蕾期	初花期	盛花期
平均值	86.01	133.87	130.23	124.21	127.46
标准差	±15.57	±3.54	±7.18	±5.75	±6.09
变异系数	15.98	2.64	5.52	4.63	4.78

2.1.2 不同灌溉处理对紫花苜蓿茎叶比的影响 茎叶比是衡量牧草经济性状的一个重要指标,并能较好反映牧草适口性及青干草品质。茎叶比越小则蛋白质丰富,粗纤维含量低,叶片的比例越高,饲草越柔软,适口性越强,采食率越高,特别是营养物质含量越多,说明牧草的品质越好。随着紫花苜蓿从营养期到生殖期的转变,粗蛋白的含量下降,粗纤维含量上升,结实期达到最低,茎叶比与紫花苜蓿的品质呈负相关<sup>[14]</sup>。

不同处理的紫花苜蓿在不同生育期鲜茎叶比如图 2 所示,各处理变化趋势基本一致,茎叶比都随着生育期先增大,后降低,再增大。在分枝期达到茎叶比最大值,分枝初期到现蕾期是养分累积最快的时期,也是植株蛋白质最丰富,粗纤维含量低,营养物质含量最大的时期;现蕾期到盛花期茎叶比逐渐增大,紫花苜蓿进入生殖生长的全盛时期。但不同灌溉处理间没有存在显著差异,由此可见不同的灌溉处理对茎叶比的影响效果不明显。

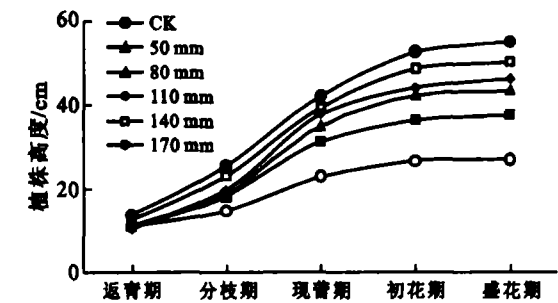


图 2 不同灌溉处理紫花苜蓿鲜茎叶比的变化

2.1.3 不同灌溉处理对紫花苜蓿植株高度的影响 植株高度是描述牧草生长状况,反映其产量高低较为理想的一个特征量,其生长动态变化呈“缓慢生长—快速生长—缓慢生长”的 S 型曲线,符合 Logistic 生长模型。这种特点是由牧草的生物学特性决定的,也是牧草平均经济产量的形成规律<sup>[15]</sup>。株高在所有生长特性中最易受到影响,株高的显著下降会引起产量急剧降低。紫花苜蓿株高与产量呈正相关,高植株通常具有较高的相对生产潜力。在相同条件下,同一品种株高越高,产量越高,并且在影响紫花苜蓿产量的众多性状中,株高对产量的影响最大<sup>[16]</sup>。

从图 3 可以看出,紫花苜蓿在返青期生长缓慢,各处理之间没有明显的差异,日均生长量仅为 0.76

cm(见表 2);分枝期以后各灌溉处理间的紫花苜蓿开始出现差异性的增长,增长速度随着灌水量的增多而增加;分枝期到现蕾期,紫花苜蓿日均生长量达到 1.5 cm,是全生育期高度增加最快的时期;现蕾期后不久,紫花苜蓿进入初花期,此时气温高,降水充足,紫花苜蓿的高度随着灌水量的增加而增加,日生长量较现蕾期开始减速。试验表明,紫花苜蓿的在生育期表现为 S 型生长曲线。在返青期生长缓慢,进入分枝期后生长速度加快。在分枝期到现蕾期,紫花苜蓿植株高度和生长速度成正比例增长,在开花期以后增长速度逐渐减缓。在整个生育期,不同灌溉处理与植株高度均成正相关。CK 处理植株的最高高度 26.94 cm,才是 170 cm 灌水处理植株最高高度 55.11 cm 的一半,这说明水分是影响植株的关键因素,水分越充足,植株越高,产量也就越高。

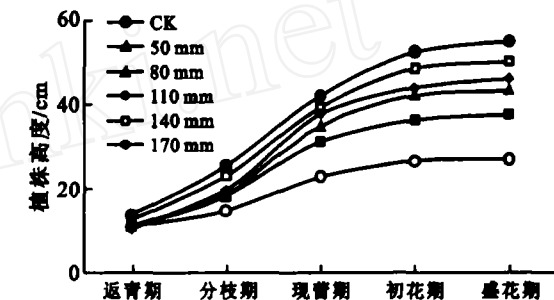


图 3 不同灌溉处理下紫花苜蓿植株高度的变化

表 2 不同处理紫花苜蓿各生长期生长速度 cm/d					
灌溉量	返青期	分枝期	现蕾期	初花期	盛花期
CK	0.71	0.37	0.82	0.36	0.03
50 mm	0.69	0.70	1.32	0.53	0.13
80 mm	0.70	0.77	1.62	0.74	0.13
110 mm	0.65	0.90	1.85	0.60	0.22
140 mm	0.85	1.03	1.68	0.92	0.15
170 mm	0.97	1.17	1.68	1.05	0.25
平均	0.76	0.82	1.50	0.70	0.15

2.2 不同灌溉处理下紫花苜蓿地上部分生物量积累

2.2.1 不同处理各生育期鲜生物量的变化 紫花苜蓿在不同灌溉处理下的鲜生物量随生育期的变化如图 4 所示。5 个灌溉处理和不灌溉(CK)的紫花苜蓿地上部鲜生物量积累规律基本相同,曲线变化特点都是整个生育期增长速率不均匀,返青至现蕾后增长快,进入初花期后增长缓慢。返青期到现蕾期,由于生长中心在根上<sup>[17]</sup>,此时的叶面积较小,生产的有机物质较小且主要供给根系生长,地上部的鲜物质积累增长较慢;从现蕾期到开花期,生长中心主要在地上器官,紫花苜

苜蓿由营养生长期进入到生殖生长期,光合作用强,地上物质积累呈现较快增长;从初花期到盛花期,随着气温的下降,叶面积也减小,叶片的光合作用减弱,地上部鲜生物量积累呈现平缓增长的趋势。

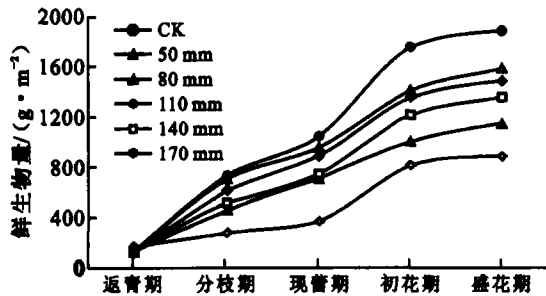


图4 不同灌溉处理下紫花苜蓿鲜生物量变化

由图4还可以看出,在返青期到现蕾期,CK处理的紫花苜蓿地上生物量积累缓慢,是由于随着气温的增高,CK处理的紫花苜蓿不仅叶片生长受到了抑制,而且由于叶片失水萎缩,影响光合产物的生产,使光合有机物质在营养生长期限制了营养器官(根茎叶)的生长和发育功能的发挥,进而影响了这一时期生物量的积累。而5个灌溉处理的紫花苜蓿在这一时期地上部鲜生物量均与灌溉量成正相关增长;从现蕾期到开花期,CK出现急剧增长趋势,是由于试验区8月份(现蕾期到初花期)雨水较多,使CK处理的紫花苜蓿得到了一定程度的水分补充,出现了快速增长。这一时期5个灌水处理的紫花苜蓿受灌溉和降雨的共同影响,生物量迅速增长,170 mm处理的增长量最大,80 mm,110 mm,140 mm这3个处理的鲜生物量处于均匀增长,而50 mm处理的较其它处理增长不明显。由此可见现蕾期到初花期是紫花苜蓿需水的临界时段,在这一时期给予合理的灌溉,更能有效提高紫花苜蓿的产量。

**2.2.2 不同灌溉处理下干生物量变化** 干生物量的变化趋势同鲜生物量基本一致,而各生长期在不同灌溉处理下干生物量占总干生物量的比例不同,其中以初花期和盛花期积累的干物质所占的比例最大(见图5)。

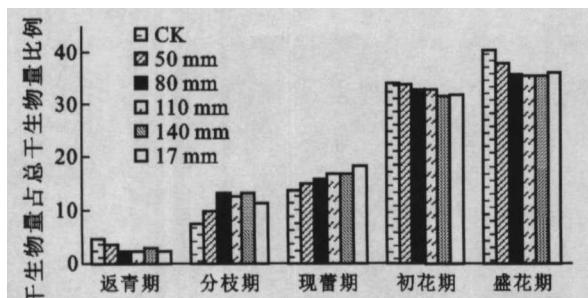


图5 不同灌溉处理下紫花苜蓿干生物量积累的变化

不同灌溉处理在各个生长期所积累的干物质对总干生物量的贡献不同。现蕾期后,随着灌溉量的增加,干生物量积累呈下降趋势。除分枝期到现蕾期外,不灌溉(CK)处理在其它生长期对总干生物量积累的比值都较大;而灌溉量最大的(170 mm)处理在现蕾期到盛花期对总干生物量积累的影响较大,尤其是在现蕾期的影响最大;50 mm,80 mm,110 mm,140 mm灌溉处理除在分枝期积累的干生物量占总干生物量的比值较大外,在其它时期对总干生物量积累的贡献都居中。这说明在灌溉条件下,现蕾期到盛花期叶片生长正常,光合能力强,茎叶所积累的干生物量较多,占总的干生物量的比值大。

不灌溉处理的紫花苜蓿在分枝期到现蕾期叶片的生长受到抑制,光合也受到影响,茎叶所积累的干生物量较少,所以占总干生物量的比值较小;但由于试验区在现蕾期的强降雨,使得CK处理的紫花苜蓿在初花期到盛花期积累的干生物量相对较多,从而占总干生物量的比值较大。

### 3 结论

紫花苜蓿是一种耐旱牧草,不同生育期干旱(CK处理)条件下表现为叶面积降低,茎含水量、叶含水量下降,植株生长缓慢,植株叶片光合作用下降,造成了有机物质积累的下降,以及生物产量的降低。深入分析不同灌溉处理对不同生育时期紫花苜蓿产物分配,生物产量和经济产量的影响,对提高苜蓿产量,合理灌溉具有指导作用。

在苜蓿整个生育期中,各处理的叶面积变化趋势基本相同,都是先升后降,且灌溉处理的叶面积在不同生育期均高于对照。分枝期叶面积达到峰值,从现蕾期到盛花期各灌溉处理间出现差异性变化。

所有处理的茎叶比在不同生育期变化趋势基本一致,都是先增大到分枝期后开始减小,在现蕾期达到最小。随着苜蓿进入生殖生长的全盛时期,茎叶比在初花期和盛花期又开始增大。但不同灌溉处理之间没有显著差异,这说明不同水分状况对苜蓿的茎叶比影响不明显。

灌溉处理对苜蓿各生育期株高度的影响显著,试验表明所有处理的苜蓿生长动态变化都呈“缓慢生长—快速生长—缓慢生长”的S型曲线,分枝期以后各灌水处理之间的苜蓿开始出现差异性的增长,增长速度随着灌水量的增多而增加。

各灌溉处理的地上鲜生物量在整个生育期均高于CK处理。5个灌溉处理和CK(不灌溉)紫花苜蓿地上部的鲜生物量积累规律基本相同,曲线变化特点

都是整个生育期增长速率不均匀,返青期至现蕾期后增长快,进入开花期后增长缓慢。

各生育期不同灌溉处理的干生物量占总干生物量的比例不同,其中以初花期和盛花期积累的干生物量占的比例最大。不同灌溉处理在各生育期所积累的干生物量对总干生物量的贡献不同,灌溉量最大处理(170 mm)在现蕾期对总干生物量积累的贡献最大,而 CK 处理在分枝期和现蕾期对总干生物量积累的贡献最小。

试验表明,不同灌溉处理与对照处理的紫花苜蓿的生长性能和生物量变化趋势基本一致。叶面积、茎叶比、植株高度和地上生物量都在现蕾期出现转折,这是由于苜蓿结蕾后,营养生长进入减缓期。植物生长规律研究表明<sup>[18]</sup>,苜蓿从营养生长进入生殖生长,叶片光合产生的营养物质向花蕾和茎秆转移,苜蓿叶片的相对重量逐渐变小,粗纤维的含量逐渐升高,即茎叶比减小。

灌溉处理的苜蓿干物质的积累速率处于下降趋势,而植株高度和生物量均随着灌溉量的增加而增大,这与本研究结论一致。这说明在灌溉条件下,现蕾期到盛花期叶片生长正常,光合能力强,茎叶所积累的干物质较多,占总的干物质的比值大,也说明在一定程度上干旱限制了苜蓿营养器官中干物质的积累,而增加了生殖器官中干物质的积累。因此这一时期给予合理的灌溉,更能有效提高紫花苜蓿的产量。本试验还需在不同时期苜蓿对水分的利用效率上进行深入研究。

#### [参 考 文 献]

- [1] 范文波,朱保荣,王振华,等.弃耕地紫花苜蓿耗水规律的研究[J].节水灌溉,2003,2(4):9-10.
- [2] 韩雪松,张玉发,吕会刚.我国苜蓿产业化发展现状与问题[J].草业科学,2002,19(2):29-30.
- [3] 张富川.苜蓿对水分的需要量及原理研究[J].四川草原,1994(2):17-21.
- [4] 哈斯,白美兰,郭文.内蒙古地区土壤和水分对苜蓿草地的影响及与采取的相应措施[J].内蒙古气象,2002,(3):3-4.
- [5] Cutforth H W, Jefferson P G. Lower limit of available water for three plant species grown on a medium-textural soil in southwestern Saskatchewan[J]. Canada Journal Soil Science, 1991, 71: 252-257.
- [6] Taylor A J, Marble V L. Lucerne irrigation and soil water use during bloom and seed set on a red-brown earth in south eastern Australia [J]. Australian Journal of Experiment Agriculture, 1986, 26: 577-581.
- [7] Evans D W, Peadar R N. Seasonal forage growth rate and solar energy conversion of irrigated Vernal alfalfa [J]. Crop Science, 1984, 25(5): 981-986.
- [8] 李世雄,王彦荣,孙建华.中国苜蓿品种种子产量性状的遗传多样性[J].草业学报,2003,12(1):23-29.
- [9] 上官周平.水分胁迫对小麦光合作用的影响及其抗旱性的关系[J].西北植物学报,1990,10(1):1-7.
- [10] 徐坤,李国旗.宁夏盐池县退化草地不同利用方式下植物群落多样性与生物量的研究[J].干旱地区农业研究,2008,26(1):160-165.
- [11] 李雪枫,王宁,冯严东,等.朝阳苜蓿生物学特性及生产性能的研究[J].宁夏农学院学报,2002,23(4):14-17.
- [12] 李宝光,陶秀花,倪国平,等.扫描像素法测定植物叶面积的研究[J].江西农业学报,2006,18(3):78-81.
- [13] 张杰.施肥对紫花苜蓿生长特性和土壤肥力的影响研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [14] 杨建军.苜蓿经济状况和水分生态环境关系研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2004.
- [15] 李凤霞.青海湖地区天然牧草群体生长动态数值模拟[J].草业科学,1997,14(2):44-46.
- [16] 韩路.不同紫花苜蓿品种的生产性能分析及评价[D].杨凌:西北农林科技大学,2002.
- [17] 张谋草,赵满来,王宁珍,等.陇东紫花苜蓿地上生物量及水分利用率分析[J].草业科学,2006,23(1):55-57.
- [18] 郭海英,万信,杨兴国.陇东紫花苜蓿生态特征及水分利用率研究[J].草业科学,2008(3):1-55.