

陇东紫花苜蓿生物量与气象要素的关系

郭海英^{1,3}, 赵建萍², 李宗葵^{1,3}, 王宁珍³, 张谋草³, 黄 斌³

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 陇东学院农学系, 甘肃 庆阳 745000; 3. 甘肃省西峰农业气象试验站, 甘肃 庆阳 745000)

摘 要: 分析了 2 年生紫花苜蓿的生长发育规律、地上生长量、地下生长量及气象要素对紫花苜蓿生长发育的影响。结果表明: 紫花苜蓿在陇东地区种植气候适应性较好, 鲜干比高, 适宜青饲。由于初秋热量条件限制, 陇东塬区 2 年生陇东紫花苜蓿第三茬分枝后便停止生长, 每茬全生育期需要 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温约 $1\,100^{\circ}\text{C}\sim 1\,150^{\circ}\text{C}$; 其中萌芽~分枝期春季约 280°C , 夏季约 330°C ; 分枝~现蕾期 460°C 左右; 现蕾~开花期 360°C 左右, 从第一茬到第三茬, 产草量和植株高度依次降低, 但分枝数依次增多, 显蕾期前后是产量形成的关键时期。

关键词: 紫花苜蓿; 生长; 气象要素; 陇东

中图分类号: S551⁺.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)05-0208-05

紫花苜蓿属豆科多年生草本植物, 一般寿命 5~7 a, 是世界上应用最广、经济价值最高和栽培面积最大的一种优质蛋白饲料作物^[1], 素有“牧草之王”的美誉。紫花苜蓿喜温暖半湿润到半干旱的气候条件, 年平均气温 $2\sim 8^{\circ}\text{C}$, 白天气温在 20°C 以上对紫花苜蓿生育极为有利。因此, 紫花苜蓿主要分布于我国长江以北地区。甘肃东部的庆阳市属黄土高原丘陵沟壑区, 是我国西北地区典型的旱作雨养农业区。其中南部地势平坦, 气候温和, 光、热、水资源配合较好, 有十几条塬面, 是陇东发展农业生产的最佳气候区, 素有“陇东粮仓”之称。陇东地区农民素有种植紫花苜蓿养畜和轮作倒茬的习惯, 目前, 紫花苜蓿已成为庆阳市农业经济支柱产业, 全市山、川、塬种植面积已达 22万 hm^2 , 因此, 研究紫花苜蓿生物量与气象要素的关系, 对于合理开发气候资源, 发展陇东老区草畜经济具有十分重要的意义。

1 资料来源

本文研究区域董志塬位于陇东中南部, 是黄土高原保存较为完整的塬面, 面积达 910 km^2 , 气候、土壤和地形地貌对陇东黄土高原粮食主产区具有一定的代表性。西峰农业气象试验站位于董志塬腹地, 所用资料来源于该站紫花苜蓿试验田常规观测资料(种植品种为陇东紫花苜蓿), 试验田毗邻西峰国家基准气候站气象观测场, 遵循农业气象平行观测原理。气象资料来源于西峰国家基准气候站($35^{\circ}44'\text{N}$, $107^{\circ}38'\text{E}$, 海拔高度 $1\,421\text{ m}$, 年平均气温

8.7°C , 年平均降水量 530 mm)。发育期、生长量等要素测定按照《农业气象观测规范》^[2]要求测定。

试验用紫花苜蓿品种为陇东紫花苜蓿, 按任继周观点, 陇东为该品种原产地, 理论上陇东为最适生长区^[3]。2003 年 3 月 28 日播种, 4 月 18 日出苗, 5 月 22 日分枝, 6 月 27 日显蕾, 7 月 3 日开花, 10 月 12 日枯黄。本文所用资料均为 2004 年度测定资料, 即 2 年生紫花苜蓿资料。

2 结果分析

2.1 地上生物量

2004 年试验地紫花苜蓿 3 月 8 日返青, 4 月 10 日分枝, 5 月 10 日现蕾, 5 月 31 日开花, 6 月上旬刈割; 第二茬 6 月 22 日萌芽, 6 月 26 日分枝, 7 月 18 日现蕾, 8 月 2 日开花, 8 月中旬刈割; 第三茬 8 月 26 日萌芽, 9 月 3 日分枝, 10 月 10 日枯黄。每茬从恢复生长之后第二旬开始旬末分别测定鲜草重、干草重、植株高度; 生长期每旬逢 8 日测定 1 m 土层土壤水分含量; 刈割时随机选 20 株测定地下生长量(包括主(侧)根长、主根直径、主根干重、侧根干重、直径大于 2 mm 侧根数等)和地上生长量(包括植株高度、分枝数、鲜重等)。表 1 列出了鲜草重和干草重以及植株高度逐旬变化。第一茬从返青到刈割生长天数 81 d , 形成干物质 731 g/m^2 , 平均日积累干物质 $9.0\text{ g}/(\text{m}^2\cdot\text{d})$ 。其中 3 月中旬到 4 月上旬形成的干物质占 17% , 4 月中旬占 13% , 4 月下旬占 19% ; 5 月上、中、下旬形成的干物质分别占 17% ,

收稿日期: 2006-04-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(40205005); 兰州区域气象中心开放实验室项目“农牧区草业生态观测试验及气候对草业生产影响评估方法研究”

作者简介: 郭海英(1966—), 男, 甘肃正宁人, 高级工程师, 主要从事农业气象与作物关系的研究工作。

30%,4%,也就是说 5 月中旬是陇东第一茬紫花苜蓿干物质形成的重要时期。第二茬从萌芽到刈割生长天数 50 d,形成干物质 460 g/m²,平均日积累干物质 9.2 g/(m²·d)。其中 6 月下旬到 7 月上旬积累干物质占 35%,平均日积累干物质 8.3 g/(m²·d);7 月中旬积累干物质占 51%,平均日积累干物质 23.3 g/(m²·d);7 月下旬积累干物质占 3%,平均日积累干物质 1.4 g/(m²·d);8 月中旬积累干物质占 12%,平均日积累干物质 5.4 g/(m²·d);第三茬 9 月初分枝,10 月上旬末停止生长,进入枯黄期,显蕾期没有出现。从萌芽到停止生长历时 55 d,形成干物质 315 g/m²,平均日积累干物质 5.7 g/(m²·d)。从第一、二茬生物量测定结果看,第一茬干物质增长幅度比较平稳,而第二茬干物质增长幅度起伏较大,但两茬共同特点是:平均日积累干物质比较接近,干物质形成高峰均出现在显蕾期或显蕾期前后,说明显蕾期是陇东紫花苜蓿草产量形成的关键时期。第三茬由于显蕾期没有出现,因此,平均日积累干物质质量较小。通过对第一茬紫花苜蓿鲜草重、干草重和

植株高度随时间的变化分别进行拟合,得出植株高度拟合方程为:
 $y = 0.1397x - 0.0907$ ($R = 0.9929$)
干草重 拟合方程为:
 $y = 131.91x - 25.533$ ($R = 0.9889$)
鲜草重 拟合方程为:
 $y = -133.12x^2 + 1468.70x - 890.93$
($R = 0.9907$)
式中, y 分别代表不同时期植株高度(m)、干草重(g/m²)、鲜草重(g/m²)。 x 为距离返青旬数。2 年生第一茬紫花苜蓿生长高度和干草重与杨小利关于陇东春播紫花苜蓿在陇东重要区域平凉市种植第一年植株高度的变化特征基本一致^[4]。通过对第二茬和第三茬紫花苜蓿植株高度、干草重、鲜草重与时间进行拟合发现,基本呈“S”型曲线增长,这不但符合植物正常生长发育规律,也验证了多立安等对生长季内 3 次刈割各茬高度生长呈“S”型曲线增长的说法^[5]。

表 1 各茬每旬鲜、干草重量及植株高度
Table 1 Fresh weight, hay weight and plant height in very period of ten days

生物量 Biomass	第一茬 First cutting						第二茬 Second cutting				第三茬 Third cutting			
	04-10	04-20	04-30	05-10	05-20	05-31	07-10	07-20	07-31	08-10	09-10	09-20	09-30	10-10
鲜草重(g/m ²) Fresh weight	522	1354	2425	2721	3322	3039	933	1981	1865	2028	1001	1187	988	1217
干草重(g/m ²) Hay weight	122	220	358	484	702	731	159	392	406	460	153	191	207	315
高度(m) Plant height	0.08	0.18	0.31	0.42	0.64	0.76	0.29	0.52	0.56	0.63	0.19	0.27	0.3	0.31
分枝数(个) Divarication				1.5					4.7			7.9		

图 1 是紫花苜蓿各茬逐旬鲜干比变化曲线,可以看出,第一茬各旬鲜干比波动较大,基本呈抛物线状,二、三茬随着生长发育进程,鲜干比逐步降低。其中第一茬鲜干比平均 5.3,第二茬鲜干比平均 5.0,第三茬鲜干比平均 5.4,整个生长发育期间鲜干比平均 5.2,略高于美国红豆草(5.0),但比晋南苜蓿,新疆大叶苜蓿,以及部分美国引进苜蓿鲜干比高^[6],说明陇东紫花苜蓿在原产地种植,干草率较低,适宜青饲,应以生产鲜草带动当地畜牧业发展为主,不宜作为商用草产业发展的当家品种。

试验区域毗邻陕西关中平原,和陕西杨凌平原地带相比,纬度高 1°多,平均年降水量少 100 mm,年平均气温低 3℃~4℃,海拔高近 1 000 m。陇东紫花苜蓿在原产地甘肃庆阳 2 年生全年三茬鲜草产量 62 871 kg/hm²,比韩路等 2002 年在陕西杨凌试

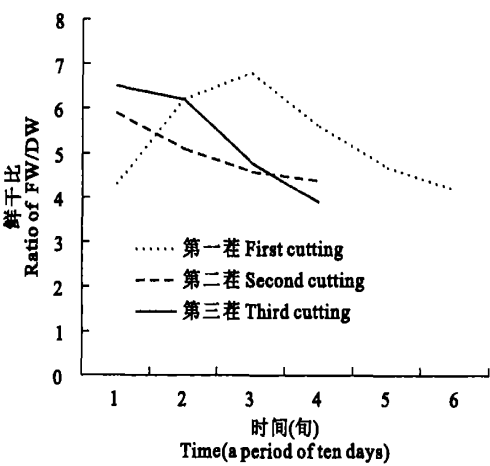


图 1 紫花苜蓿各茬逐旬鲜干比
Fig.1 The change of fresh weight to dry weight of alfalfa in every period of ten days

验的 3 种加拿大引进紫花苜蓿和对照品种新疆大叶 2 年生三茬全年鲜草产量高,但干草率低 28% 左右^[7]。相似区域对比进一步证明陇东紫花苜蓿在原产地适生性较好,适宜青饲。

2.2 地下生物量

紫花苜蓿根系非常发达,主根入土最深可达 3~6 m,因此能吸收土壤深层的水分,抗旱能力自然就很高。种植 3 a 的苜蓿根系总量可达 9 000 kg/hm²,其中 50% 分布于 0~30 cm 的耕作层内,对贫瘠的沙壤,盐碱地有良好的改良作用。为了掌握紫花苜蓿根系生长规律,对 2 年生陇东紫花苜蓿,在第一茬可刈割期(5 月 31 日)对地下生长量进行了第一次测定,在第二茬可刈割期(8 月 11 日)对地下生长量进行了第二次测定,在枯黄期(10 月 10 日)对第三茬地下生长量进行了测定。表 2 列出了 3 次测定地下生长量的变化。由表 2 可以看出,每次测定间隔日数 60 d 左右,第二茬生长期间,主根长度增加了 0.26 m,日平均增长 0.004 m;主根直径增

加了 0.002 m,日平均增长 0.032 mm;主根干重增加了 76.53 g,日平均增长 1.21 g;侧根从无到有,整个侧根干重相当于第一茬主根干重的 68.5%。地下生物总量干重增加了 82.33 g,日平均增加 1.31 g。第三茬生长期间,主根长度增加了 0.15 m,日平均增长 0.0025 m;主根直径增加了 0.0018 m,日平均增长 0.030 mm;主根干重增加了 22.10 g,日平均增长 0.37 g;侧根数增加了 0.15 个/株,侧根长、侧根直径、侧根干重基本上没有变化。第三茬地下生物总量干重增加了 23.40 g,日平均增加 0.39 g。而测定第二茬地下生物量所取样本对应地上生长量干重 46.7 g,地上生长日数 60 d,地上生物量平均日增加 0.78 g/d。测定第三茬地下生物量所取样本对应地上生长量干重 26.0 g,地上生长日数 60 d,地上生物量平均日增加 0.47 g/d。也就是说紫花苜蓿在第二茬生长期,地上生长量仅占地下生长量的 60.0%,以地下根系生长为主。第三茬地下生长量和地上生长量基本相当。

表 2 第二茬地下生长量对照表
Table 2 Growth of underground part of the second cutting

测定日期(月—日) Date (m—d)	测定项目 Measured items						
	主根长 Taproot length (m)	主根直径 Taproot diameter (m)	主根干重 Taproot dry weigh (g)	≥2mm 侧根数 (个/株) ≥2mm lateral root number	侧根长 Lateral root length (m)	侧根与主根 相连处直径 Diameter of lateral root (m)	侧根干重 Dry weight of lateral root (g)
05—31 May 31	0.45	0.0040	8.47	—	—	—	—
08—02 August 2	0.71	0.0060	85.00	0.40	0.27	0.0030	5.80
10—02 October 2	0.86	0.0078	107.10	0.55	0.28	0.0032	7.10

2.3 生长量与气象要素相关分析

2.3.1 生长期热量条件分析 第一茬紫花苜蓿 3 月上旬返青,6 月上旬刈割,全生育期平均气温 15.3℃,≥0℃积温 1 102℃。其中返青~分枝期平均气温 7.0℃,≥0℃积温 280℃;分枝~现蕾期平均气温 15.3℃,≥0℃积温 459℃;现蕾~开花期平均气温 17.3℃,≥0℃积温 363℃。第二茬紫花苜蓿 6 月下旬初萌芽,8 月上旬末刈割,全生育期平均气温 21.9℃,≥0℃积温 1 155℃。其中萌芽~分枝期平均气温 20.6℃,≥0℃积温 330℃;分枝~现蕾期平均气温 23.0℃,≥0℃积温 460℃;现蕾~开花期平均气温 21.4℃,≥0℃积温 365℃。第三茬紫花苜蓿 8 月下旬萌芽,10 月上旬初枯黄,萌芽~枯黄平均气温 20.6℃,≥0℃积温 759℃。其中萌芽~分枝期平均气温 19.4℃,≥0℃积温 329℃(见表 3);分枝期

出现在 9 月 3 日,现蕾期没有出现。由上述试验数据可以看出,虽然各茬紫花苜蓿每一个发育期平均气温高低不同,但每茬全生育期需要的积温以及相同发育期间需要的积温基本相同,比如,第一茬和第二茬全生育期积温相差仅 54℃。通过 2004 年田间试验得出:陇东紫花苜蓿品种在陇东黄土高原地区栽植,2 年生全生育期需要≥0℃积温 1 100℃~1 150℃;萌芽~分枝期需要≥0℃积温春季 280℃左右,夏季 330℃左右;分枝~现蕾期需要≥0℃积温 460℃左右;现蕾~开花期需要≥0℃积温 360℃左右。无论那一茬,任何两个发育期间需要的热量基本相同。第三茬由于 2004 年 9 月下旬末陇东区域气温下降较快,10 月 1 日平均气温 6.6℃,2 日平均气温 8.4℃,温度达不到紫花苜蓿分枝后生长要求,紫花苜蓿开始枯黄,停止生长。停止生长前,分

枝期出现以来 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温已达到 430°C ,但由于达不到紫花苜蓿分枝~现蕾期热量需求标准,因此,现蕾期没有出现。

2.3.2 生长量与各生长期间日平均气温的关系

从上述分析可以看出,第一茬全生育期平均气温 15.3°C ,第二茬 21.9°C ,第三茬 20.6°C ;第一茬生长期间平均气温较低,因此,生长期较长。整个生长期

每度积温日形成干物质 $0.0084\text{ g}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$;第二茬生长期平均气温较高,生长期较短,整个生长期每度积温日形成干物质 $0.0069\text{ g}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$;第三茬没有完成生长周期,整个生长期每度积温日形成干物质同样也是 $0.0069\text{ g}/(^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$ 。每个生长期日平均气温和干草重对应关系见表 3。日平均气温和日平均干草重相关系数高达 0.8304 (极显著)。

表 3 发育期间积温、日平均气温与日平均干物质重量对照表

Table 3 The contrast of accumulative temperature, daily average temperature and daily average dry matter weight								
项目 Item	第一茬 First cutting			第二茬 Second cutting			第三茬 Third cutting	
	返青~分枝 Reviving~divarication	分枝~现蕾 Divarication~budding	现蕾~开花 Budding~blooming	萌芽~分枝 Sprouting~divarication	分枝~现蕾 divarication~budding	现蕾~开花 Budding~blooming	萌芽~分枝 Sprouting~divarication	分枝~枯黄 Divarication~scorch
日平均气温 Daily mean temperature($^{\circ}\text{C}$)	7.0	15.3	17.3	20.6	23.0	21.4	19.4	15.4
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $\geq 0^{\circ}\text{C}$	280	459	363	330	460	365	329	430
accumulated temperature($^{\circ}\text{C}$)		1071			1155		759	
日平均干物重 Daily mean dry weight (g)	4.1	12.0	12.6	15.0	15.1	11.4	13.6	5.2

图 2 更加直观地反映了生长期间日平均气温与日平均干物重的关系,从图中可以看出,日平均气温低,则日平均干物重低,干物重随着气温的升高逐渐增大。第二茬现蕾~开花期虽然正处于炎热夏季,日平均气温较高,但严重的伏旱导致 1 m 土层土壤含水量仅 75 mm ,土壤可利用水分较低,严重的干旱制约了干物质的形成。

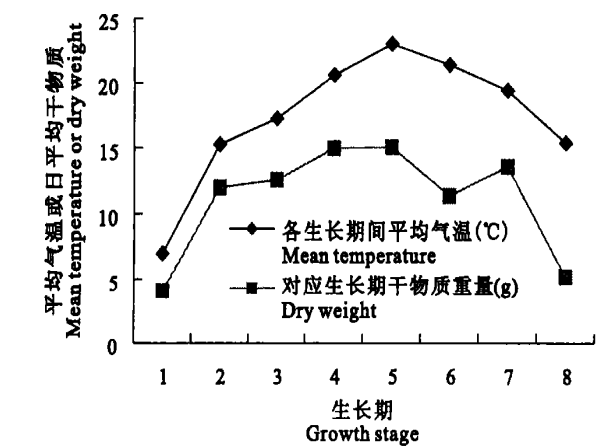


图 2 生长期间平均气温和日平均干物质关系
Fig. 2 The relationship between average temperature and daily average dry matter in different growth periods

2.3.3 生长量与光、热、水综合要素的相关分析

通过对每一茬苜蓿逐旬干物重增量和该旬降水量、光照时数、 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温、土壤含水量等要素进行相关

分析,结果表明,春季第一茬和生长期间降水量呈弱相关,和其它要素没有明显相关性;夏季第二茬和各要素均没有明显相关性;秋季第三茬和光照时数相关极其显著,相关系数高达 0.9787 ,和其他要素相关均不显著。

虽然紫花苜蓿具有极强的耐旱性,但水分是植物进行光合作用,形成干物质的重要原料。生长发育期间降水和土壤含水量与干物质相关不显著,但每茬干物重和发育期耗水量有着显著的相关性(见表 4)。

表 4 干草重和生长期耗水量关系
Table 4 The relationship between hay weight and water consumption

项目 Item	第一茬 First cutting	第二茬 Second cutting	第三茬 Third stubble
干草重(g/m^2) Dry weight	731	460	315
耗水量(mm) Water consumption	220	128	109

3 试验年农业气候评述

试验区域 2004 年平均气温 9.9°C ,较历年偏高 1.2°C ;降水量 480 mm ,较历年偏少 9% ;光照时数 $2\,452\text{ h}$,接近历年。其中春季气温偏高 2.6°C ,整个

春季温度变化起伏较大,冻害严重,降水偏少 41%,春旱明显;夏季气温正常略高,降水正常,气象灾害较少;秋季气温正常略高,其中 9 月底 10 月初出现了一次持续时间较长的降温时段,降温幅度较大,导致农作物生长受阻,生长期缩短,降水量接近历年。全年农业气候条件评定为正常。

4 结 论

- 1) 陇东紫花苜蓿全年基本可生长三茬,其中第一茬主要生长在春季,第二茬生长在夏季,第三茬生长在伏秋。
- 2) 显蕾期前后是紫花苜蓿产量形成的关键时期,每茬平均日积累干物质质量比较接近。
- 3) 2 年生紫花苜蓿地下生长高峰期出现在第二茬生长发育期间。第一茬地上生长量远大于地下生长量;第二茬地下生长量大于地上生长量;第三茬地上生长量和地下生长量比较接近。
- 4) 陇东地区气候条件基本能够满足紫花苜蓿的正常生长;第三茬光照时数的影响比较显著。
- 5) 生长发育期间平均气温和该发育期间产量

呈显著正相关关系。

- 6) 每茬产量趋势和该茬耗水量趋势基本一致。
- 7) 紫花苜蓿在陇东地区种植气候适应性较好,生态效益较好,是该地区退耕还草的优良牧草品种之一,有推广价值。

参 考 文 献:

[1] 张春霞,郝明德,王旭刚,等.黄土高原地区紫花苜蓿生长过程中土壤养分的变化规律[J].西北植物学报,2004,24(6):1107—1111.

[2] 国家气象局.农业气象观测规范[M](下卷).北京:气象出版社,1993.

[3] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1998.

[4] 杨小利.陇东春播紫花苜蓿生长及水分规律研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(4):127—130.

[5] 朱玉洁,冯利平.国内外紫花苜蓿生长模型研究进展与展望[J].中国农业气象,2005,26(1):38—41.

[6] 由懋正.农业资源评价管理与利用[M].北京:气象出版社,1998.

[7] 韩路,贾志宽,韩清芳.引进苜蓿品种在半干旱地区的生态适应性研究[J].干旱地区农业研究,2004,22(1):114—117.

Relationship between biomass of alfalfa and meteorological factors in east Gansu

GUO Hai-ying^{1,3}, ZHAO Jian-ping², LI Zong-yan^{1,3}, WANG Ning-zhen³, ZHANG Mou-cai³, HUANG Bin³
(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Institute of Arid-meteorology, CMA, Lanzhou 730020, China; 2. Department of Agronomy, Longdong College, Qingyang, Gansu 745000, China; 3. Xifeng Experimentation Station of Agricultural Meteorology, Qingyang, Gansu 745000, China)

Abstract: This article analyzed the growth disciplinarian, the above-ground biomass and the under-ground biomass of alfalfa, and investigated the effects of meteorological factors to the growth of alfalfa. The results showed that alfalfa is suitable well to the climate condition in east Gansu; the ratio of FW/DW is high, and it is favorable for breeding as green forage. Due to the limit of heat energy in early autumn, the third cutting grass ceases growing after divarication period. The requirement of accumulated temperature above 0℃ was about 1 100℃~1 150℃ in the full growth period of each cutting, thereinto, about 280℃ and 330℃ in sprouting-divarication period in springtime and summertime respectively, about 460℃ in divarication—budding period, and about 360℃ in budding~blooming period. From the first cutting to the third cutting, the yield of alfalfa tends to reduce but the number of divarication tends to increase in turn. Budding period is the key time affecting yield formation.

Keywords: alfalfa; growth; meteorological factor; east Gansu