

陇东黄土高原春播紫花苜蓿不同茬次生物量动态研究

尹 东

(中国气象局兰州干旱气象研究所, 中国气象局干旱气候变化与减灾重点开放实验室,
甘肃省干旱气候变化与减灾重点开放实验室, 兰州中心气象台, 甘肃 兰州 730020)

摘 要: 2003~2005 年, 在陇东黄土高原区进行的春播紫花苜蓿生物量观测试验表明, 春播紫花苜蓿当年的株高, 由缓慢增长转为快速增长的转变时段在分枝到现蕾期, 由快速增长再次转为缓慢增长的时段在开花期后; 生长二、三年紫花苜蓿, 一年中适宜刈割三次, 前二茬鲜草的平均日增长量明显高于第三茬, 并且生长三年的各茬鲜草平均日增长量普遍高于生长二年的; 最大地上生物量均出现在第一、二茬, 其鲜草和干草重量分别占三茬总重量的 76.9%~84.3% 和 79.1%~86.3%; 各茬次紫花苜蓿鲜干比在现蕾期后明显降低, 到开花期刈割前降至最低。年际和地域的气候条件差异直接反映在紫花苜蓿各茬次生物量和鲜干比的变化上, 在水份满足的情况下, 以气温日较差大的地域更有利于紫花苜蓿物质积累。

关键词: 陇东; 黄土高原; 紫花苜蓿; 生物量动态

中图分类号: S963.22⁺3.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)01-0178-06

紫花苜蓿是一种优质、高产、适应性强的豆科牧草, 在我国北方黄土高原区发展苜蓿草业具有明显的地域优势及较为显著的经济效益和生态效益^[1]。陇东(甘肃省庆阳、平凉两市)地处黄土高原典型区域, 是甘肃省主要的紫花苜蓿种植区域^[2]。随着气候的暖干化, 种植抗旱性强的人工牧草成为适应气候变化, 充分有效利用气候资源的举措之一; 为了进一步提高农业经济效益, 加大农业结构调整力度, 也需要发展紫花苜蓿等人工牧草产业。国内学者对不同生育年龄紫花苜蓿地上生物量形成规律和群落结构, 不同农业技术措施对紫花苜蓿生长发育的影响以及紫花苜蓿生长的气候生态条件进行了研究^[2~7]。但已有的一些紫花苜蓿生物量变化规律研究, 仅使用了某一年生长期中的一茬紫花苜蓿观测资料^[6,7], 有一定局限性。为了研究分析陇东黄土高原区紫花苜蓿不同茬次地上生物量的动态变

化规律, 我们在陇东地区布置定位观测试验点, 于 2003~2005 年进行了连续 3 a 的观测试验和研究分析, 以期当地的草业生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验点概况

紫花苜蓿喜温暖、半湿润到半干旱的气候, 在日平均气温 15~20℃, 昼暖夜凉情况下最适于生长, 其抗寒、抗旱能力强, 年降雨量 250~800 mm 的地方均可种植。陇东地区属温带半干旱、半湿润大陆性季风气候, 年降水量 410~640 mm; 5~9 月是作物旺盛生长期, 降水量 340~480 mm, 占年降水量的 75%~85%, 日平均气温 12~22℃, 很适合紫花苜蓿的生长。选定的两个试验点具有较好的代表性(表 1)。

表 1 观测试验点概况

Table 1 General situation of observation and experiment site

试验点 Site	北纬 North latitude	东经 East longitude	年平均气温(℃) Annual mean temperature	年降水量(mm) Annual precipitation			
				年平均 Annual mean	2003	2004	2005
西峰 Xifeng	35°44'	107°38'	8.7	526.7	828.2	485.9	506.9
华池 Huachi	36°27'	107°59'	8.4	480.7	632.5	341.6	421.5

在试验期内的 2003~2005 年, 2003 年春、夏季陇东大部分地方降水比常年同期偏多 20%~70%,

秋季比常年偏多 30% 至 100%, 两个试验点的年总降水量分别比常年偏多 57.2%(西峰)和 31.6%(华

收稿日期: 2008-03-20

基金项目: 甘肃省科技攻关计划项目(GS022-A45-149); 兰州区域气象中心应用气象开放实验室项目

作者简介: 尹 东(1962-), 男, 高级工程师, 主要从事农业气象研究和业务。E-mail: lzyind@sina.com。

池),是一个降水丰沛的年份;2004 年春季陇东大部分地方降水比常年偏少 20%~50%,6~7 月降水又比常年偏少 6%~9%,发生较为严重的春旱和夏旱,继之又出现了一定时段的秋旱,试验点的年总降水量分别比常年偏少 7.7%(西峰)和 28.9%(华池),是一个偏旱的年份;2005 年陇东出现春旱,但全年总降水量只比常年略有偏少,基本属于正常年份。

1.2 试验设计

试验区域的面积不小于 0.1 hm²,供试品种为陇东紫花苜蓿,种植方式为单播,撒播时每 667 m²用种 1 kg。播种期安排为春播(3~4 月),具体播种时间根据当年农时确定。因紫花苜蓿在播种当年不能达到完全发育程度,因此不进行刈割,只观测株高。从播种后的第二年开始进行刈割,根据生长情况,每年刈割 2~3 次,留茬高度为 3~5 cm。2003 年春季播种,2004 和 2005 年进行连续观测试验。

1.3 观测方法

发育期观测从播种的当年开始,要求观测区域内 50%牧草进入某一发育期时记录日期。生长二、三年紫花苜蓿开始刈割后,记录下刈割日期,以后继续观测并记录再生生长、分枝、现蕾、开花、刈割日期。

植株高度观测,在观测区域内随机选取并固定 10 株牧草,从出苗期后 10~15 d 开始观测,一直到枯黄(籽粒成熟期)生长高度不再增加为止,每 10 d

测定一次生长高度,从地面测至植株顶端,计算平均值。

生长二、三年紫花苜蓿,开始测定地上生物量,从返青后 10~15 d 开始测定,每旬末测定一次(每次刈割前必须测定一次,刈割后,从再生生长 10~15 d 开始新的测定)。选取有代表性的 5 个样方(50 cm×50 cm),将样方内的植株用剪刀齐地表剪下,先称鲜重,然后在烘箱烘干,烘烤时间以样本重量不再变化(恒重)为准,得到干重。计算 5 个样方平均值(g/m³)。

2 结果与分析

2.1 紫花苜蓿播种及发育期

试验点当年春播紫花苜蓿从播种到枯黄,全生育期分别为 184 d(华池)和 198 d(西峰)(表 2)。生长到二、三年时进行刈割,从返青至第一次刈割分别为 61~62 d(华池)和 73 d(西峰);从第一次刈割至第二次刈割分别为 35~40 d(华池)和 50~65 d(西峰);从第二次刈割至第三次刈割分别为 64~77 d(华池)和 30~38 d(西峰)(表 2)。根据当地条件和试验情况,在陇东黄土高原种植紫花苜蓿,一年可刈割三次,如果第二茬在初花期时就开始刈割,缩短其生长期,则第三茬也可生长到开花期时再刈割;如果第二茬生长至盛花期时才刈割,则第三茬在分枝—现蕾期时生物量就不再增加,应当及时进行最后一茬的刈割。

表 2 春播紫花苜蓿发育期(西峰,2003~2005 年)

Table 2 Development period of spring-sowed alfalfa(Xifeng, 2003~2005)

发育期 Development period	日期 Date(M-d)			发育期 Development period	日期 Date(M-d)	
	2003	2004	2005		2004	2005
播种 Sowing	03-28			再生生长 Revegetation	06-22	06-10
出苗 Seedling	04-18			分枝 Divarication	06-26	06-16
返青 Reviving		03-26	03-22	现蕾 Buding	07-16	06-24
分枝 Divarication	05-22	04-10	04-04	开花 Blooming	08-02	07-20
现蕾 Buding	06-27	05-10	05-10	刈割 Clipping	08-11	07-23
开花 Blooming	07-03	05-31	05-30	再生生长 Revegetation	08-26	08-02
枯黄 Scorch	10-01			分枝 Divarication	09-03	08-10
刈割 Clipping		06-07	06-03	刈割 Clipping	10-10	09-30

2.2 紫花苜蓿地上生物量动态变化规律

2.2.1 春播紫花苜蓿植株高度动态模拟 采用 Logistic 生长曲线模拟春播紫花苜蓿当年的生长高度^[4,6],其公式为: $y = \frac{k}{1 + ae^{-bx}}$, 其中 y 为株高, x 为从第一次测定到本次测定株高时的间隔旬数; k 为生境条件下生物量的最大值,此处即为当地农业

生态条件下株高的最大值; b 为株高生长的内禀生长率,也就是在该试验条件下株高所能达到的最大瞬时增长率,是株高生长能力的综合指标; a 是一参数, $a = k/y_0 - 1, y|_{x=0} = y_0$ 。

为提高拟合精度,用非线性最小二乘法拟合 Logistic 曲线^[9](表 3)。

$F > F_{0.01}$, 回归方程有意义;相关比均大于或然

误差的 4 倍, 曲线回归效果显著^[9], 紫花苜蓿株高的 动态变化符合 Logistic 生长曲线形式。

表 3 春播紫花苜蓿株高生长模拟曲线

Table 3 The analog of plant height of spring sowing alfalfa

试验点 Site	<i>k</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	剩余均方差 Residual variance	<i>F</i>	<i>F</i> _{0.01}	相关比 <i>R</i> Correlation ratio	或然误差 P·E·R Probable error P·E·R
西峰 Xifeng	73.46	30.36	0.45	1.6803	3078.48	8.86	0.9977	0.000755
华池 Huachi	72.20	44.80	0.75	1.7013	2081.37	10.6	0.9979	0.000864

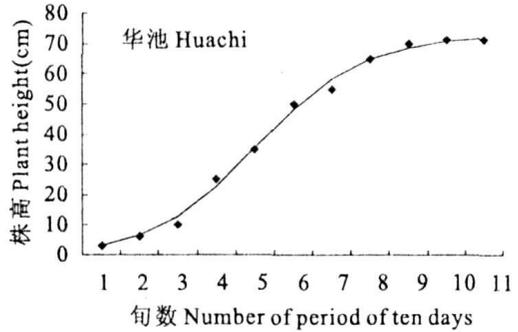
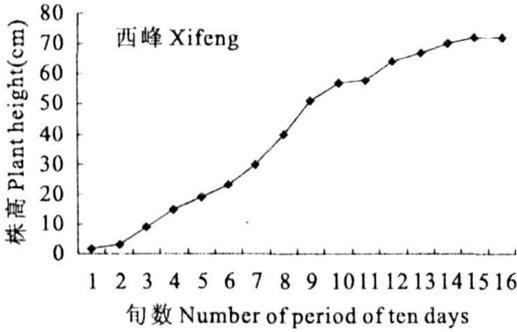


图 1 春播紫花苜蓿株高变化

Fig. 1 Variation of plant height of spring-sowed alfalfa

对生长曲线公式求取一阶导数： $\frac{dy}{dx} = \frac{kabe^{-bx}}{(1+ae^{-bx})^2}$ ，是一条抛物线型曲线，生物学意义是株高的增长速度；再对其求导，即对原式求二阶导数： $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{kab^2e^{-bx}(ae^{-bx}-1)}{(1+ae^{-bx})^3}$ ，令二阶导数为零： $x_0 = \frac{\ln a}{b}$ ，此时株高增长速度最快。代入一阶导数（生长速度）公式，得到株高最大增长速度 $V_{max} = \frac{kb}{4}$ ；代入生长曲线公式，则得到最大增长速度时的

株高： $y = \frac{k}{2}$ ，正好是株高最大值的一半。

再求取三阶导数： $\frac{d^3y}{dx^3} = \frac{kab^3e^{-bx}(1-4ae^{-bx}+a^2e^{-2bx})}{(1+ae^{-bx})^4}$ ，令三阶导数为零，得到株高增长的两个特征点 $x_1 = -\frac{1}{b} \ln(\frac{2+\sqrt{3}}{a})$ 和 $x_2 = -\frac{1}{b} \ln(\frac{2-\sqrt{3}}{a})$ ，分别表示株高由缓慢增长转变为快速增长和由快速增长再转变为缓慢增长的转折时间。

上述各生长参数见表 4。

表 4 春播紫花苜蓿株高生长模拟曲线生长参数

Table 4 The analog parameters of plant height of spring-sowed alfalfa

试验点 Site	测量初日 (M-d) Beginning of observation	x_0 (M-d)	v_{max} (cm/旬) v_{max} (cm/period of ten days)	x_1 (M-d)	x_2 (M-d)
西峰 Xifeng	04-10	7.585(07-15)	8.264	4.658(06-16)	10.511(08-15)
华池 Huachi	05-28	5.069(07-08)	13.538	3.314(06-21)	6.826(07-27)

春播紫花苜蓿株高由缓慢增长转为快速增长的转变时段在分枝到现蕾期，增长速度最快的时段在现蕾至开花期，由快速增长再次转为缓慢增长的时段在开花期后。比较两个试验点，春播紫花苜蓿在生长最快时的增长速度，华池大于西峰。

2.2.2 生长二、三年紫花苜蓿地上生物量动态变化

两个试验点，无论是西峰还是华池，生长三年的紫花苜蓿地上生物量(以鲜干草重量表示)普遍大于生长二年的(图 2~图 5)。一方面，按照紫花苜蓿的生长规律，在其生长的第三至第五年生物量达到最高，

因此正常情况下生长三年的产草量应大于生长二年的；另一方面，从农业气候条件的年际变化上看，2004 年降水偏少，属偏旱年份，但是 2005 年降水接近常年，属正常年份(表 1)，因此 2005 年的农业气候条件也更有利于紫花苜蓿的生长。

比较两个试验点资料，无论是生长二年还是生长三年，紫花苜蓿各茬的生物量都是华池大于西峰(图 2~图 5)，这与 2.2.1 中计算的春播紫花苜蓿在生长最快时增长速度的结果一致。究其原因，华池试验点比西峰试验点偏北将近 1 个纬度，按照气候

区划,华池基本属于冷温带半干旱区,而西峰则属于冷温带半湿润区,虽然西峰年降水量比华池多,但华池气温相对偏低,并且气温日较差大于西峰(年气温

日较差偏大 2°C 以上),更有利于紫花苜蓿生长期物质积累、株高增长。

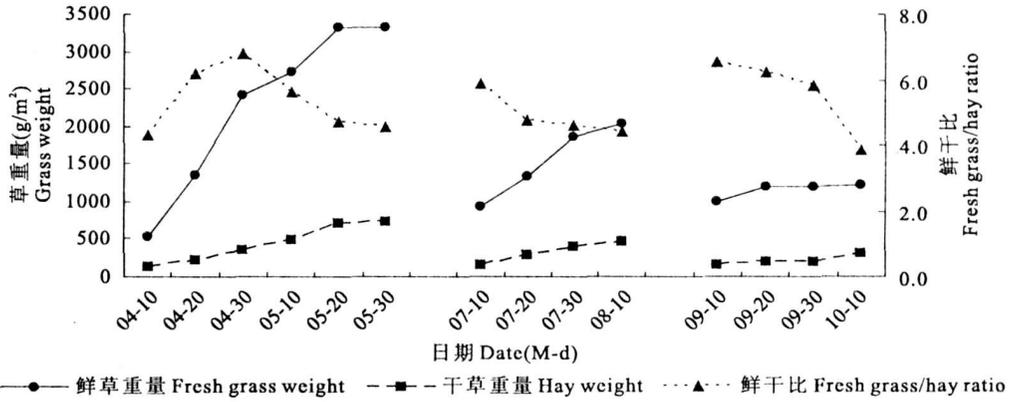


图2 生长二年紫花苜蓿各茬次鲜干草重量和鲜干比动态变化(西峰)

Fig. 2 Dynamics of fresh grass and hay weight, fresh-grass/hay ratio of every stubble of biennial alfalfa (Xifeng)

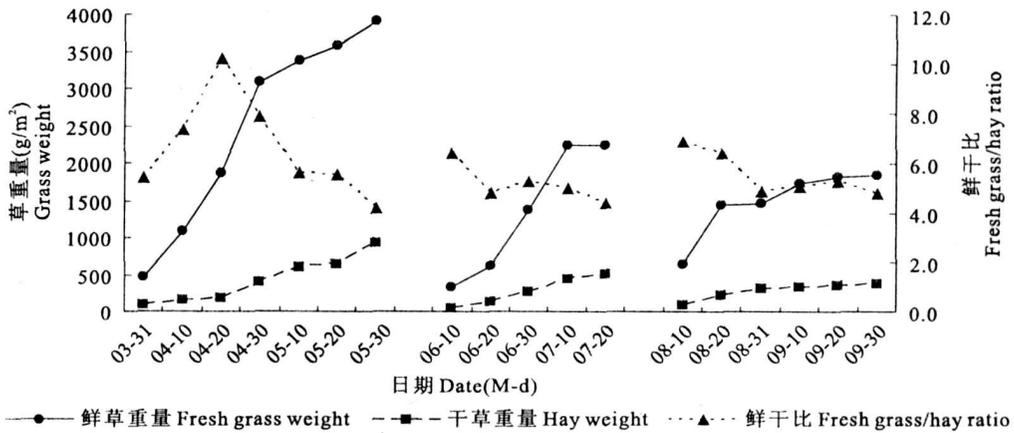


图3 生长三年紫花苜蓿各茬次鲜干草重量和鲜干比动态变化(西峰)

Fig. 3 Dynamics of fresh grass and hay weight, fresh-grass/hay ratio of every stubble of triennial alfalfa (Xifeng)

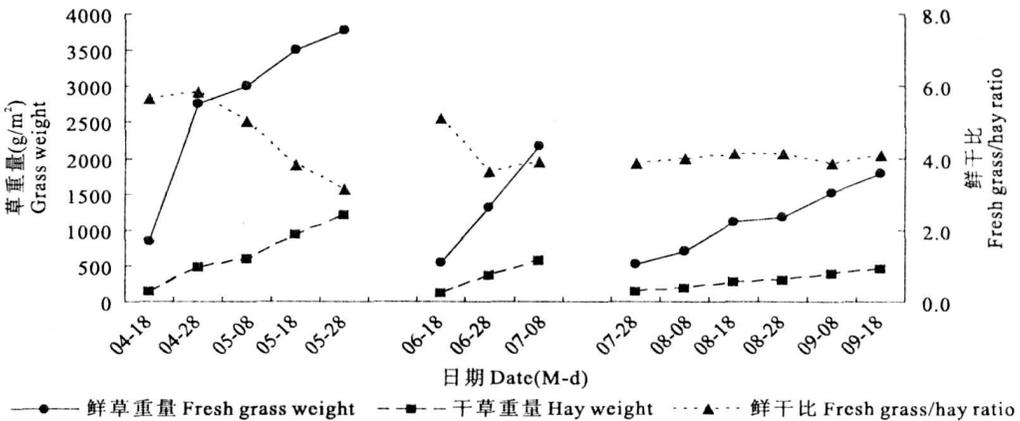


图4 生长二年紫花苜蓿各茬次鲜干草重量和鲜干比动态变化(华池)

Fig. 4 Dynamics of fresh grass and hay weight, fresh-grass/hay ratio of every stubble of biennial alfalfa (Huachi)

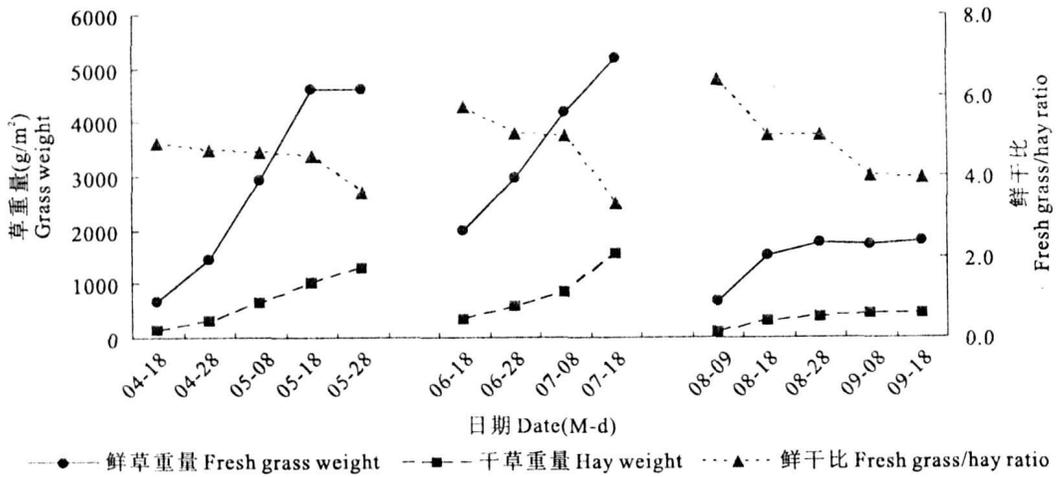


图 5 生长三年紫花苜蓿各茬次鲜干草重量和鲜干比动态变化(华池)

Fig. 5 Dynamics of fresh grass and hay weight, fresh grass/hay ratio of every stubble of triennial alfalfa (Huachi)

两试验点生长二、三年紫花苜蓿,第一茬从返青开始生长速度较快,鲜草重量增加明显。进入5月份后,在初花期时,第一茬鲜草重量增加趋势变缓,及时刈割很有必要。刈割后第二茬的生长期正处在当地光温水配合的最佳时期,鲜草日增重甚至超过第一茬(表5)。前二茬鲜草的平均日增长量明显高

于第三茬,并且大多数情况下三年生的各茬鲜草平均日增长量高于二年生的,华池试验点均高于西峰试验点(表5)。最大生物量均出现在第一、二茬(主要是第一茬),前两茬鲜草重量占三茬总重量的76.9%~84.3%,干草重量占三茬总重量的79.1%~86.3%,是主要的刈割产草期。

表 5 紫花苜蓿生长期鲜草平均日增重(g/m^2)

Table 5 The average day-to-day increase of fresh grass weight of alfalfa during growth phase

试验点 Site	生长二年紫花苜蓿 Biennial alfalfa			生长三年紫花苜蓿 Triennial alfalfa		
	第一茬	第二茬	第三茬	第一茬	第二茬	第三茬
	First stubble	Second stubble	Third stubble	First stubble	Second stubble	Third stubble
西峰 Xifeng	70.0	35.3	7.2	56.3	63.5	23.8
华池 Huachi	73.7	82.3	25.5	92.2	106.9	27.8

2.3 生长二、三年紫花苜蓿鲜干比动态变化

无论是生长二年或三年,西峰试验点紫花苜蓿的鲜干比,在第一茬生长期的分枝~现蕾期出现一个明显的峰值;西峰第二、三茬和华池试验点各茬次紫花苜蓿鲜干比,随发育期延长,呈现下降趋势,在现蕾期后开始有明显降低,到开花期刈割前,鲜干比降到最低,西峰在3.9~4.8(图2、图3),华池在3.1~4.0(图4、图5)。比较两个试验点的情况,西峰的鲜干比普遍高于华池,尤其是在第一茬时比较明显,这是由于气候类型的差异,西峰属于半湿润区,而华池更接近于半干旱区,西峰降水量偏多于华池的缘故(表1)。

3 结论

陇东黄土高原区春播紫花苜蓿当年的株高动态变化趋势,符合 Logistic 生长曲线^[4,6],株高由缓慢增长转为快速增长的转变时段在分枝到现蕾期,增

长速度最快的时段基本在现蕾至开花期,由快速增长再次转为缓慢增长的时段在开花期后。陇东生长二、三年的紫花苜蓿,一年中适宜刈割三次,第二茬刈割期的选择将影响到第三茬刈割期及其地上生物量。前二茬鲜草的平均日增长量明显高于第三茬,并且大多数情况下生长三年的各茬鲜草平均日增长量高于生长二年的。最大的地上生物量均出现在第一、二茬,主要是第一茬(以初花期刈割为宜),前两茬鲜草重量占三茬总重量的76.9%~84.3%,干草重量占三茬总重量的79.1%~86.3%,是主要的刈割产草期。各茬次紫花苜蓿鲜干比在现蕾期后明显降低,到开花期刈割前降至最低。降水偏多的地方鲜干比相对偏大。

年际和地域的农业气候条件差异直接反映在紫花苜蓿生物量和鲜干比的变化上。在年际变化上,主要是干旱的影响。在水份条件满足的情况下,以气温日较差大的地域更有利于紫花苜蓿物质积累。

由于紫花苜蓿为多年生草本植物,陇东紫花苜蓿栽培年限一般为7~8 a,也有更长的,所以积累更长年限的资料,在本文的基础上进行更深入的研究很有必要。

致谢:感谢西峰农业气象试验站和华池气象站的业务技术人员为本项目所做的观测试验工作。

参考文献:

- [1] 温晓霞,翁琴,李生焯,等.黄土高原苜蓿草业开发利用探讨[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):160-163.
- [2] 陈哲忠,周省善.种草技术[M].兰州:甘肃人民出版社,1984:51-73.

- [3] 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.
- [4] 吴勤,宋杰,牛芳英.紫花苜蓿草地地上生物量动态规律的研究[J].中国草地,1997,(6):21-24.
- [5] 彭宏春,牛东玲,李晓明,等.柴达木盆地弃耕盐碱地紫花苜蓿生物量季节动态[J].草地学报,2001,9(3):218-222.
- [6] 徐春明,贾志宽,韩清芳.巨人201+Z苜蓿地上部分生长特性的研究[J].西北植物学报,2003,23(3):481-484.
- [7] 郑红梅,李明胜,呼天明.关中地区几种苜蓿地上生物量初步研究[J].草业科学,2005,22(7):19-22.
- [8] 郑宗成,王振堂.实用预测方法 BASIC 程序库[M].广州:中山大学出版社,1984:44-56.
- [9] 杨永岐.农业气象中的统计方法[M].北京:气象出版社,1983:13,72-75,80-81.

Biomass dynamics of every stubble of spring-sowed alfalfa in the loess plateau of Longdong

YIN Dong

(Lanzhou Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Key Open Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of China Meteorological Administration & Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Lanzhou Central Meteorological Observatory, Lanzhou, Gansu 730020, China)

Abstract: The observations and the experiments of the biomass of spring-sowed alfalfa were carried out in the loess plateau of Longdong from 2003 to 2005. The results showed that the transition period of the plant height growth of spring-sowed annual alfalfa from slow to rapid is between the divaricating stage and the budding stage. The transition period of the plant height growth from rapid to slow comes after the budding stage. As for biennial and triennial alfalfa, clipping three times within a year is suitable. The average day-to-day increase of fresh grass weight of the first and second stubble alfalfa is obviously greater than that of third stubble alfalfa. Most instances showed that the average day-to-day increase of fresh grass weight of triennial alfalfa is greater than biennial alfalfa. The maximum fresh grass and hay weight of alfalfa present in first and second stubble. For the first and second stubble alfalfa, fresh grass weight accounts for 76.9%~84.3% and hay weight accounts for 79.1%~86.3% of all three stubbles. The ratio of fresh grass weight to hay weight of every stubble alfalfa decreases obviously after budding stage and falls off to minimum in blooming stage (clipping ago). The interannual variation and the regional difference of climatic conditions affect the growth of alfalfa. If the need of water being enough for alfalfa growth, the areas where daily range of temperature is comparatively wide will be favorable to the substance accumulation of alfalfa.

Key words: Longdong; loess plateau; alfalfa; biomass dynamics