

## 基于特征参数观测的苜蓿叶重估测模型

陶 雪<sup>1</sup>, 苏德荣<sup>1</sup>

(北京林业大学草地资源与生态研究中心, 北京 100083)

**摘 要** 在大田紫花苜蓿生长过程中, 通过对苜蓿农艺性状的测定进行苜蓿叶重的估测, 具有成本低、操作简单等特点, 其关键是估测模型的建立。本试验通过在苜蓿不同生长阶段对几个主要生长指标的测定, 获取单株的茎粗(参数 1)、株高(参数 2)和一级分枝数(参数 3)共三个参数作为自变量, 以测定单株干叶重为因变量, 建立回归估测模型, 并进行模型验证。结果表明: 在茎粗、株高、分枝数与叶重构建的叶重估测模型中, 叶重与株高、分枝数相关性不显著, 仅与茎粗呈显著关系, 再以茎粗构建叶重估测模型得:  $Y = -1.104 + 0.632X$ , 由茎粗构建的叶重估测模型测得的叶重与实测值差异不显著, 因此, 该模型具有一定的可靠性, 且该模型的建立对今后苜蓿叶蛋白及叶重与叶蛋白含量关系的研究具有重要的指导意义。

**关键词** 紫花苜蓿; 特征参数; 叶重; 茎粗; 回归分析; 估测模型

## The Model of Alfalfa Leaf Weight Estimation Based on the Observation of Characteristic Parameters

TAO-Xue<sup>1</sup>, SU De-rong<sup>1\*</sup>

(Center for Grassland Ecology and Resources Research, Beijing Forestry University, Beijing, 100083, China)

**Abstract:** In the field growth experiment of alfalfa, it was such as low cost and simple operation to estimate alfalfa leaf weight through the measurement of alfalfa agronomic traits, and the key was to make an estimating model. This experiment obtained plant stem diameter parameters (1), plant height parameters (2) and primary branch number of parameters (3) a total of three parameters as independent variables through measurements of alfalfa agronomic traits, and regression estimating model was established and verified. The results showed that stem diameter, plant height, branch number, and leaf weight to build models for predicting the leaf weight, leaf weight and no significant correlation between plant height, branch number, only the relationship between stem diameter was significantly, with thick stems to build models for predicting the leaf weight:  $Y = -1.104 + 0.632X$ . There was no significant difference by the stem diameter to build models for predicting leaf weight of alfalfa between the measured leaf weight and the estimated leaf weight. Therefore, the estimated model had a certain reliability to predict alfalfa leaf weight and this model had important guiding significance the relationship between leaf weight and leaf protein content research in

the future.

**Keywords:** Alfalfa; Characteristic parameters; Leaf weight; Stem diameter; Regression analysis; Estimation model

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)被誉为“牧草之王”,有适应性强、栽培面积大、产量高、营养品质好、防风固沙等优点,已经成为“草-畜-肥-粮”物质循环中的主要成分<sup>[1]</sup>。苜蓿作为高产量及高蛋白的饲草作物,被广泛地种植在我国北方,尤其是西北干旱地区<sup>[2]</sup>。紫花苜蓿的茎秆和叶片分别具有不同的经济价值,与传统的整株收获利用相比较,将茎和叶分开收获可大幅度提高苜蓿利用效率和经济价值<sup>[3,4]</sup>。苜蓿的产量和品质是评价苜蓿种植的重要基础,近年来随着苜蓿产业的发展,出现了许多先进的苜蓿加工技术,苜蓿叶蛋白就是其中较为热门的一个研究方向,将苜蓿叶加工成各种高蛋白的产品成了一些企业的一项主打产业<sup>[5,6]</sup>。

国内外对苜蓿生物量做了很多研究,往往是将叶和茎干一起研究,叶片是苜蓿植株蛋白含量最高的部分,而对叶片单独研究的鲜有报道,对田间苜蓿叶量的估测报道甚少。掌握苜蓿叶干重对于了解苜蓿蛋白产量具有重要的意义,同时对企业苜蓿的选购具有重要的指导意义和参考价值。苜蓿株高、茎粗、分枝数等简单指标为苜蓿生物量的估算提供了一种简易的方法,这种方法得到了广泛的应用。因此,苜蓿叶生物量的生长模型也可以尝试利用这种方法建立模型,以便为田间估测苜蓿叶蛋白产量做基础研究。

本研究首先基于生育期苜蓿生长指标的测定,以几个基本特征参数作为自变量构建苜蓿单株叶重的回归方程,探讨茎粗、株高和分枝数与叶重的关系,从而实现对苜蓿叶重进行估算,旨在为准确估算苜蓿叶蛋白产量提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地选择在农业部作物高效用水武威科学观测试验站(37° 52'N, 102° 51'E),该站位于甘肃省武威市凉州区东河乡王景寨村,海拔 1581m,多年平均降水量 164.4mm,但时空分布不均匀,主要集中在 7、8 月份,年蒸发量 1131.5~1508.7 mm,日照时间 3000 h 以上,光热资源丰富,全年日照时数达 3000 h 以上,无霜期 150 d 以上,年均气温 8℃,多年平均风速为 1.3 m/s,属典型的内陆干旱荒漠气候区,土质为砂壤土,有机质含量中等。

### 1.2 试验设计

试验供试牧草植物为紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.),品种名:皇冠(Phabulous),秋眠级 3.7 级,由北京克劳沃草业技术开发中心提供,2012 年 4 月 30 日播种,人工条播,播种量 30kg/hm<sup>2</sup>,播深 2cm,行距 22.5cm。在苜蓿播种之前对每一个小区铺设了地下滴灌系统,采用旁壁式滴灌带(由甘肃大禹节水有限公司提供),内径 16 mm,壁厚 0.4 mm,滴头流量 3.0 L/h,滴头间距 30 cm,滴灌带行距 90cm,埋深 30cm,每个小区布设 3 条滴灌带,1 条滴灌带控制 4 行苜蓿,每个小区为一个灌水单元,单元入口管道上安装有计量水表,灌溉水水源为地下水,试验地实行统一管理。试验小区面积为 6.0m×2.7m,

三个重复，试验共3个小区，于2014年7~8月进行数据采集，在苜蓿不同生长阶段，每个重复的小区随机取正常生长苜蓿植株15株，并分为两组（一组10株，另一组5株），其中10株组作为构建苜蓿叶重估测模型的具体参数测定，如：株高（cm）、茎粗（mm）、分枝数及单株叶干重（g），5株一组用来验证模型，数据均取组内平均值。

### 1.3 观测项目

在紫花苜蓿不同生长阶段对小区苜蓿株高、茎粗、一级分枝数及叶干重进行测定，每5~7天测一次；每个小区按“S”形状随机取10株长势一致的苜蓿，用直尺测定地面至主茎叶尖的拉直长度，为株高（cm）；用游标卡尺测定植株主茎基部的茎直径，为茎粗（mm）；数植株主茎长出的分枝数，为一级分枝数，然后分别将叶从茎秆上分离，装入信封，将信封放入烘箱，烘至恒重后称叶重（g）。

### 1.4 数据处理

利用Excel 2010进行数据整理、简单统计分析和绘图，利用SPSS 17.0进行回归分析和显著性检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验结果

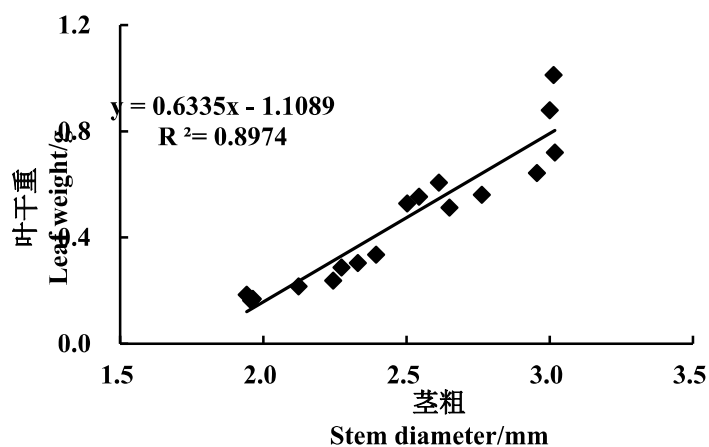
紫花苜蓿的茎粗、株高、分枝数及叶重的实测统计如表1所示，随着苜蓿的生长，茎粗、株高、分枝数及叶重也在不断增大。由图1可知，三种特征参数（茎粗、株高及分枝数）与单株叶重的相关关系均较高，其中茎粗与单株叶重的相关关系最大。

表1 苜蓿茎粗、株高、分枝数及叶干重的统计值

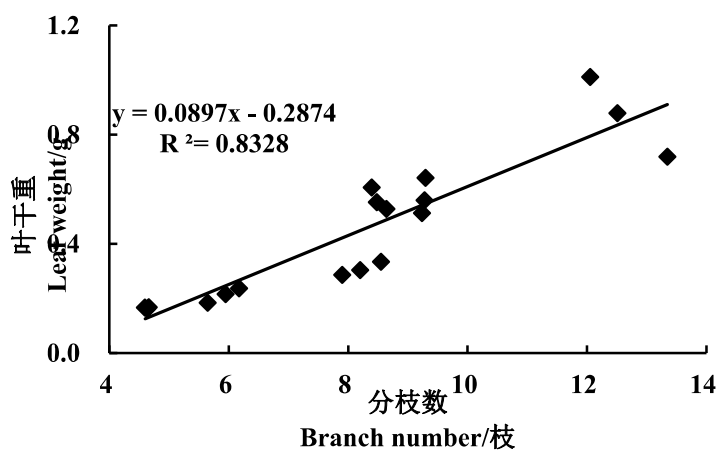
Table 1 Statistics of Alfalfa stem diameter, plant height, branch number, and weight per plant

取样次数	茎粗	株高	分枝数	叶干重
Sampling frequency/次	Stem diameter/mm	Height /cm	Branch number/枝	Leaf weight/g
1	1.96	31.07	4.6	0.1670
1	1.96	31.33	4.7	0.1680
1	1.96	31.50	4.6	0.1623
2	1.94	39.50	5.7	0.1843
2	2.12	41.40	6.0	0.2154
2	2.24	42.75	6.2	0.2372
3	2.39	59.19	8.6	0.3347
3	2.33	58.32	8.2	0.3034
3	2.27	57.15	7.9	0.2869
4	2.61	66.10	8.4	0.6065
4	2.54	65.08	8.5	0.5530
4	2.50	64.82	8.6	0.5279

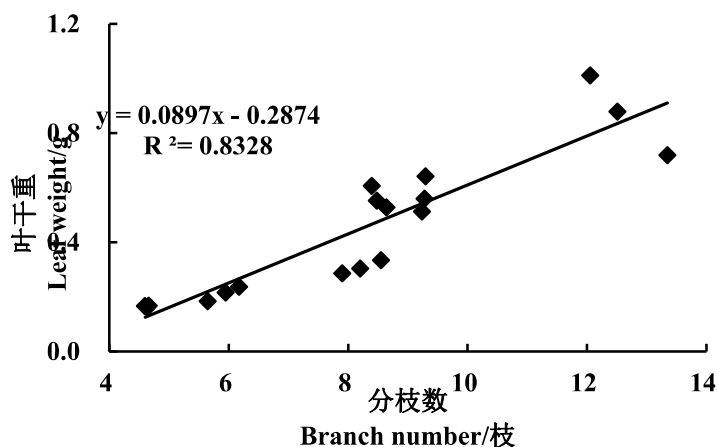
5	2.96	69.63	9.3	0.6422
5	2.76	68.26	9.3	0.5601
5	2.65	67.13	9.2	0.5123
6	3.02	90.18	13.4	0.7194
6	3.00	85.47	12.5	0.8784
6	3.01	82.86	12.1	1.0114



(a) 茎粗与单株叶重的相关关系



(b) 株高与单株叶重的相关关系



(c) 一级分枝数与单株叶重的相关关系

图 1 苜蓿单株叶重与茎粗、株高及分枝数的相关关系

Fig. 1 The correlation of alfalfa stem diameter, plant height, branch number and leaf weight per plant

由表 2 可知,分枝数和株高的偏回归系数均未达到显著水平,其由误差造成的概率分别为 75.9%和 99.2%,所以考虑将分枝数和株高剔除该模型,再次进行回归分析,再次回归分析结果见表 3。由表 3 可知,在剔除分枝数和株高两个因素后,苜蓿叶重的估测回归方程为:  $Y = -1.104 + 0.632X$  (cm, 茎粗;  $P < 0.01$ )。

表 2 回归常数显著性检验

Table 2 Regression constant significance test

模型	系数	标准误差	<i>t</i> Stat	<i>P</i> -value
截距	-0.979	0.278	-3.523	0.003
茎粗	0.525	0.208	2.519	0.025
分枝数	0.016	0.051	0.314	0.758
株高	8.847E-5	0.009	0.010	0.992

表 3 剔除分枝数和株高后回归常数显著性检验

Table 3 Regression constant significance test after eliminating branch number and plant height

模型	系数	标准误差	<i>t</i> Stat	<i>P</i> -value
截距	-1.104	0.134	-8.251	0.000
茎粗	0.632	0.054	11.736	0.000

## 2.2 估测模型验证

每个小区选取 5 株苜蓿,对苜蓿茎粗和叶干重进行实测,将叶干重实测与同估测模型回归方程计

算值进行比较，所得结果见表 4。

表 4 5 株苜蓿茎粗、株高及分枝数均值统计

Table 4 Statistics of alfalfa stem diameter, plant height and branch number of five plants

取样次数	茎粗	株高	分枝数
Sampling frequency/次	Stem diameter/mm	Height /cm	Branch number/枝
1	1.96	0.1689	0.1378
1	1.95	0.1567	0.1297
1	1.96	0.1638	0.1335
2	2.30	0.2464	0.3522
2	2.37	0.2589	0.3907
2	2.14	0.2182	0.2466
3	2.27	0.2721	0.3284
3	2.22	0.2703	0.2965
3	2.32	0.3077	0.3597
4	2.48	0.4994	0.4603
4	2.46	0.5028	0.4514
4	2.54	0.5487	0.4981
5	2.57	0.4780	0.5210
5	2.54	0.4645	0.4994
5	2.74	0.5509	0.6296
6	2.98	1.0374	0.7812
6	3.03	1.1443	0.8097
6	3.01	0.9103	0.7974

对叶干重的实测值和估测值进行配对样本 t 检验，结果见表 5。由表 5 可知，紫花苜蓿叶重实测值与估测值差异不显著 ( $P>0.05$ )。由图 2 可见，苜蓿叶重估测模型所得的叶重与实测叶重变化趋势基本一致，随着茎粗的增大，模型叶干重也在不断增重，但也存在实测叶重波动较大的情况，尤其是在刈割期，叶重的实测值明显高于估测值，这可能是由于叶重与茎粗的关系不仅仅是一般线性关系，它们之间可能还存在其它函数关系，还需要进一步研究。

表 5 紫花苜蓿叶干重实测值、估测值的 t 检验

Table 5 The *t* test of the measured values, and the estimated values of alfalfa

模型	实测值	估测值
均值	0.4555	0.4346
标准差	0.2997	0.2168
相关系数	0.946	
<i>t</i>	0.751	
<i>P</i>	0.463	

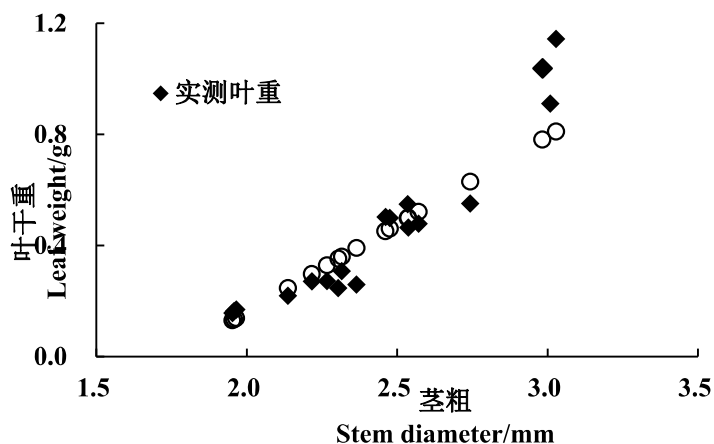


图 2 实测叶重与估测叶重的比较

Fig. 2 Comparisons of the measured leaf weight and the estimated leaf weight of alfalfa

### 3 讨论与结论

有研究报道,影响作物生长的因素有株高、茎粗、分枝数、茎叶比等,而影响叶片生物量的因素主要有冠幅、株高、分枝数等,这方面的研究集中在乔木及灌木,对草本植物研究较少,尤其是紫花苜蓿。本实验以苜蓿茎粗、株高、分枝数作为特征参数构建苜蓿叶重估测模型。结果表明,在模型中苜蓿叶片生物量与茎粗和株高相关性不显著,仅与茎粗呈显著关系。该研究揭示,由苜蓿茎粗建立的叶重估测模型对苜蓿叶重的估测结果可靠,试验结果对今后苜蓿叶重估测及叶蛋白产量的估算具有重要意义。

参考文献(略)