

非破坏性牧草产量测定法在天然草地中的应用研究

赵 钢¹, 刘 芳², 杜玉珍³

(¹仲恺农业技术学院生命科学学院, 广东广州 510225; ²内蒙古农业大学生态环境学院, 内蒙古呼和浩特 010018; ³河北体育学院东方大学城, 河北廊坊 065001)

摘要: 采用落盘式测草盘在休闲草地、轮牧草地和连续放牧草地进行了测产试验。结果表明, 在天然草地中使用非破坏性的落盘式测草仪测定牧草产量是可行的, 牧草压缩高度和牧草产量具有良好的回归关系 ($r^2=0.64\sim 0.90$), 平均每 1 cm 压缩高度相当于 69~ 250 kg/hm² 的牧草产量。

关键词: 牧草压缩高度; 测产盘; 牧草产量; 天然草地

中图分类号: S812-0 文献标识码: A 文章编号: 1001-411X(2007)02-0013-04

A Nondestructive Method for Measuring Herbage Mass in Steppe

ZHAO Gang¹, LIU Fang², DU Yu-zhen³

(¹ College of Life Science, Zhongkai University of Agriculture and Technology, Guangzhou 510225, China;

² College of Ecology and Environment Science, Agricultural University of Inner Mongolia, Hohhot 010018, China;

³ Oriental University City of Hebei Sports College, Langfang 065001, China)

Abstract: Herbage mass is a function of sward height and density. A rise-plate meter was used as a non-destructive method to measure herbage mass in steppe by rotational grazing, continuous grazing or without grazing. The results showed that the rise-plate meter could be used to measure the herbage mass in natural steppe, because there were good regressive relation between the herbage mass and the compressed sward high (r^2 is 0.63 -0.90) under different utilization of the pasture. One centimeter of compressed sward height related about 69 - 252 kg/hm² of herbage mass.

Key words: compressed sward height; rise-plate meter; herbage mass; steppe

在天然草地植被动态监测和放牧试验研究中, 快速、准确地测定草地牧草产量, 在草地管理和放牧管理中都具有非常重要的意义。此外, 在天然草地的定位研究中, 常常需要对所研究的草地植物进行长时间的连续观察, 传统的刈割测定法对草地植被的破坏作用, 难以满足定位研究所需要的连续多次定位测定的要求。为了克服刈割测定法所存在的缺陷, 许多专家、学者以及草地工作者为此做了很多努力, 发展了许多非破坏性草地产草量的测定技术, 其中落盘式测草盘已成功地应用于人工割草地和人工放牧地的产量测定^[1-6]。落盘式测草盘测定产草量的

基本原理是: 当具有一定面积和质量的圆盘由上而下落到草地上时, 由于牧草的支撑而使圆盘停留在距离地面的一定高度上。圆盘所停留的高度是牧草受重力压迫后的高度(简称压缩高度), 这一高度既与牧草生长高度有关, 也与牧草的密度有关, 即压缩高度是草地植被自然高度和密度的函数, 可同时反映高度和密度 2 项指标。如果在测定牧草压缩高度的同时也测定相应的牧草产量, 就可以建立二者的回归关系。通过此回归关系, 即可将在相同草地测得的压缩高度换算成牧草产量。因此, 在长期的草地定位研究中, 根据定位样点以外的同类草地牧草压缩

收稿日期: 2006-06-09

作者简介: 赵 钢(1958—), 男, 教授, 博士, E-mail: zhaogangnm@ sina.com

基金项目: 国家科技部“十五”国家重点攻关项目“北方牧区现代化奶业生产技术集成与示范”(2002BA518A14-4)

高度和产量间的回归关系,即可达到对草地植被结构与产量进行非破坏性快速测定和长期观察的目的.落盘式测草盘测定草地牧草产量的方法主要应用于人工草地的研究中,在天然草地中的应用则很少^[7-8].因此,2004年7—9月,在内蒙古呼伦贝尔市海拉尔地区应用测草盘产草量测定法对不同利用条件下的天然草地进行了产草量测定的比较研究,以探讨该方法在天然草地中的可利用性以及与此有关的一些问题.

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设于内蒙古呼伦贝尔市谢尔塔拉种牛场.该区位于东经 $119^{\circ}32' \sim 120^{\circ}35'$,北纬 $49^{\circ}06' \sim 49^{\circ}32'$,为大兴安岭西麓低山丘陵与呼伦贝尔高平原的连接处,海拔603~776 m,东高西低.地貌特点是:山地山岗低矮浑圆,高平原平坦辽阔,并有部分风沙地貌.其类型可分低山丘陵、高平地、低平地与河滩地.此地区气候属寒温带大陆性季风气候,春季多风少雨,夏季温凉短促,秋季凉爽殷实,冬季严寒冷峻.年平均气温 $-2.3 \sim -2.0^{\circ}\text{C}$.年平均降水量为350.9 mm,年日照时数平均为2 805.2 h,无霜期平均113 d.

本试验样地设于建于2004年4月的奶牛放牧围栏.该围栏总面积为50 hm².围封前,为连续放牧草地.整个围栏由连续放牧区(13.3 hm²)、轮牧区(26.7 hm²)和休闲区(10 hm²)3部分组成.其中轮牧区为4个轮牧小区,每小区6.7 hm².轮牧以28 d为一个轮牧周期,每小区放牧7 d,休闲区内不放牧,牧草自然生长.

1.2 试验处理方案

设9个处理,处理因素1为放牧地类型,共分休闲区、连续放牧区、轮牧区3个水平;处理因素2为取样数目,分为20、40、60次取样3个水平.在2004年7月下旬—9月初,每周测定1次,共进行了5次测定.

1.3 测量工具及测量方法

1.3.1 落盘式测草盘 落盘式测草盘为自制工具,由2部分组成,即带有厘米刻度的手柄和双层圆盘(图1).手柄为直径2 cm、长1.3 m的不锈钢管.铝合金制成的双层圆盘用3个双接头螺丝连接,两层圆盘间隔10 cm,总质量250 g.上层圆盘直径10 cm,下层圆盘直径30 cm.标有厘米刻度的手柄从圆盘中心穿过圆盘.手柄下端有固定片,可将圆盘提起.

当手柄垂直放置于草地上时,圆盘由于受到牧草支撑而停留在距离地面一定高度的某一位置,此时圆盘所处高度为牧草的压缩高度.

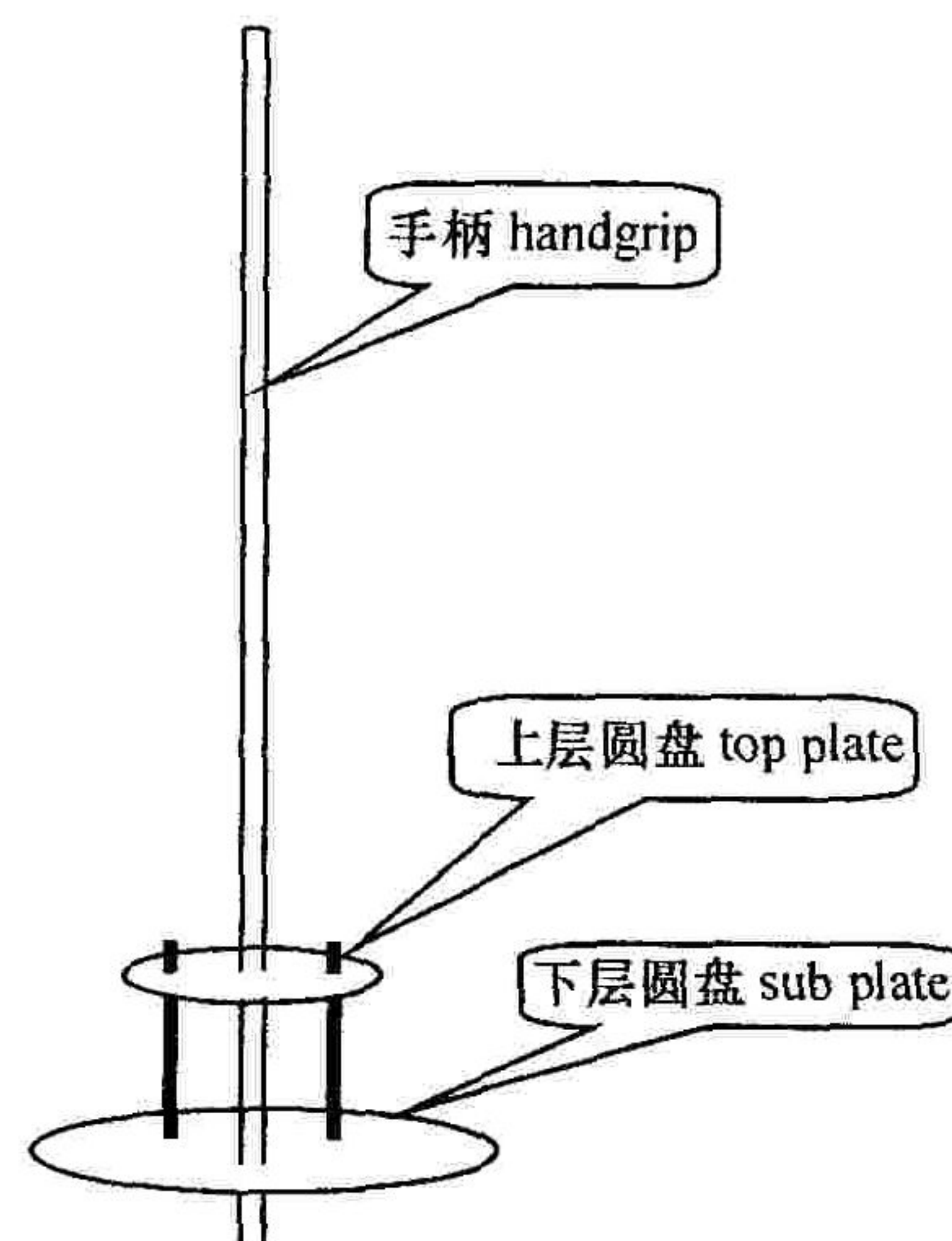


图1 落盘式测草盘的结构示意图

Fig. 1 The structure of the rise-plate meter

1.3.2 测量方法 在小区内按之字型路线随机选取20~60个样点,将测草盘垂直于地面放置,记录圆盘被牧草托起的高度.然后齐地表刈割测草盘所覆盖的牧草,带回实验室,在105℃烘箱内烘干12 h称干质量.根据测得的压缩高度和相应的牧草产量数据,建立牧草产量(y)与压缩高度(x)的回归方程 $y = ax$,式中, a 为回归系数.

试验数据用SPSS软件进行统计分析.

2 结果与分析

2.1 牧草产量与压缩高度的回归关系

牧草压缩高度与产量间的回归方程列于表1.由表1可知,牧草压缩高度与牧草产量回归方程的回归系数 a 主要介于0.9~1.76之间,大约每厘米压缩高度相当于69~250 kg/hm²(平均为172 kg/hm²)的牧草产量.方差分析结果(表1)表明,除休闲区第1次测定以外,其他测定的所有牧草产量与压缩高度的回归关系均达到了0.05水平的显著性差异,表明采用落盘式测草盘测定的牧草压缩高度与牧草产量之间的回归关系是真实存在的.这些回归方程的决定系数 r^2 达0.64~0.90.说明这些回归方程中,牧草产量的变化至少有64%是由牧草压缩高度决定的.

2.2 两次测定间的时间间隔对牧草产量与压缩高度回归关系的影响

测定的时间间隔对牧草产量与牧草压缩高度间的回归关系具有重要影响. t 测验结果(表2)表明,在相同的利用方式下,间隔7 d的2次测定所得到

表 1 不同利用条件下牧草产量与压缩高度的回归关系¹⁾
Tab. 1 The regression between herbage mass and compressed height in differently grazed plots

测定次序 measure order	休闲区		连续放牧区		轮牧区	
	no grazed plot		continuous grazed plot		rotationally grazed plot	
	a	r ²	a	r ²	a	r ²
1	0.485 9 _{ns}	0.24	1.751 1 *	0.71	1.143 0 *	0.74
2	1.407 8 *	0.76	1.435 1 *	0.86	1.070 6 *	0.90
3	0.858 1 *	0.64	1.467 1 *	0.88	1.616 2 *	0.88
4	1.769 4 *	0.87	0.943 2 *	0.76	0.948 1 *	0.68
5	1.024 7 *	0.69	1.105 7 *	0.75	1.207 7 *	0.75

1) 回归方程为 $y = ax$; 回归系数后标 * 者, 表示 0.05 水平差异显著, 标 ns 者表示无显著差异

表 2 测定时间对牧草压缩高度与产量回归关系的影响¹⁾

Tab. 2 The effects of measure time on regression coefficients between herbage mass and compressed height in differently grazed plots

测定次序 measure order	连续放牧区					休闲区					轮牧区				
	continuously grazed plot					no grazed plot					rotationally grazed plot				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
2	ns	ns				*	ns				*	ns			
3	*	*	ns			*	*	ns			*	*	ns		
4	*	*	*	ns		*	*	*	ns		*	*	*	ns	
5	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns	*	*	*	*	ns

1) * 表示 0.05 水平差异显著, ns 表示无显著差异(*t* 测验)

进行 *t* 测验的结果(表 3)表明,在相同的测定日期里,不同放牧方式的草地之间,牧草产量和牧草压缩高度回归方程的回归系数表现出明显的差异($P < 0.05$). 这说明,当草地利用方式不同时,牧草产量和牧草压缩高度间的回归关系会发生相应的变化,不同放牧强度下测定得到的方程不同,一个总的回归方程难以准确反映不同放牧强度下的草地牧草产量. 在某一特定利用方式的草地上获得的回归方程,

表 3 不同利用方式对牧草压缩高度与产量回归关系的影响¹⁾
Tab. 3 The effects of utilizing patterns of sward on the regression coefficients between herbage mass and compressed sward height in differently grazed plots

草地利用方式	休闲区	连续放牧区	轮牧区
sward utilizing pattern	no grazed plot	continuous grazed plot	rotationally grazed plot
休闲区			
no grazed plot	ns		
连续放牧区			
continuous grazed plot	*	ns	
轮牧区			
rotationally grazed plot	*	*	ns

1) * 表示 0.05 水平差异显著, ns 表示无显著差异(*t* 测验)

的牧草产量与牧草压缩高度间的回归关系发生了显著变化. 也就是说,7 d 的间隔时间已经使得前次测定得到的回归方程的回归系数发生了显著变化($P < 0.05$). 这意味着在实际测定中,同一个回归方程的使用不能超过 7 d,否则测定结果的精确度将受到影响. 3 种放牧方式下的牧草压缩高度与牧草产量间的回归系数均表现出同样的规律,仅有个别例外(如连续放牧区第 1 次与第 2 次之间).

2.3 草地放牧方式对牧草产量与压缩高度回归关系的影响

草地利用方式显著影响牧草产量与牧草压缩高度间的回归关系. 对第 1 次测定所得到的回归方程

不能简单应用于其他不同利用方式的草地牧草产量测定中. 因此,为了准确反映不同放牧方式下的草地产量,必须分别建立不同的牧草产量与压缩高度间的回归关系.

2.4 取样数目对回归关系的影响

不同取样数目下牧草产量和牧草压缩高度间的回归关系见表 4. 试验结果表明,取样数目对牧草产量与牧草压缩高度间回归关系的影响与草地利用方式有关. 在休闲草地中,取样数目对回归系数具有显著影响($P < 0.05$),基本上随着取样数目的增加,回归系数逐步增大,其决定系数也逐步增大;在连续放牧区中,不同取样数目下得到的回归方程之间无显著差异($P > 0.05$);而在轮牧区中,取样数目对回归方程的影响比较明显,但规律性不强,取样 20 个与取样 40 个具有明显差异,取样 40 个又明显不同于取样 60 个,但取样 20 个与取样 60 个之间却无显著差异($P < 0.05$). 这种现象说明,一般情况下,取样 20 个就基本可以满足建立牧草产量与牧草压缩高度回归关系的要求,但在草地利用强度较小,草地异质性较大的草地中,增加取样数目,才能提供产量测定结果的精确性.

表4 取样数目对牧草压缩高度(x)与牧草产量(y)回归关系的影响¹⁾

Tab. 4 The effects of sampling number on the regression coefficients between herbage mass and compressed height in differently grazed plots

取样数目 sampling number	休闲区 no grazed plot		连续放牧区 continuous grazed plot		轮牧区 rotationally grazed plot	
	回归方程	r^2	回归方程	r^2	回归方程	r^2
20	$y = 0.8340x$ (a)	0.77	$y = 0.9387x$ (a)	0.87	$y = 0.9207x$ (b)	0.67
40	$y = 0.9187x$ (a)	0.90	$y = 0.8905x$ (a)	0.77	$y = 0.7705x$ (a)	0.73
60	$y = 1.7694x$ (b)	0.87	$y = 0.9432x$ (a)	0.76	$y = 0.9481x$ (b)	0.68

1) 同列方程后圆括号内标注不同小写字母者,表示二者回归系数于0.05水平差异显著

3 讨论

从本试验的结果来看,在天然草地中使用非破坏性的落盘式测草仪测定牧草产量是可行的.无论是放牧利用草地,还是休闲草地,均可利用此方法进行牧草产量的非破坏性测定.但是,在休闲草地中,由于排除了放牧家畜的食草作用,导致草地植被的异质性加强,在取样数量较低的情况下,有可能导致测定精度误差加大,而且在休闲草地中,一些老化的牧草茎干变粗变硬,也是引起牧草产量与牧草压缩高度回归关系失真的重要原因之一.因此,在休闲草地中,必须增加取样数目,以增加测定结果的正确性.

从测定的间隔时间来看,牧草产量与牧草压缩高度间的回归关系随着2次测定间隔时间的延续会发生显著变化.这表明以落盘式测草仪测定牧草产量时,2次测定间隔时间不可过大.在本试验中,7 d的时间间隔已经引起了回归关系的显著变化,必须重新建立牧草产量和压缩高度间的回归关系.但2次测定的最小间隔时间由于缺乏试验数据,尚有待进一步研究.

在不同利用条件下的草地,由于草地植物的生长状况不同,难以得到一个适用于草地在各种利用条件下都通用的回归方程.因此,对不同利用条件下的草地,必须分别建立回归关系.

参考文献:

[1] CORRELL O, ISSELSTEIN J, PAVLU V. Studying spa-

tial and temporal dynamics of sward structure at low stocking densities; the use of an extended rising-plate-meter method [J]. Grass and Forage Science, 2003, 58 (4): 450-454.

[2] AIKEN G E, BRANSBY D I. Observer variability for disk meter measurements of forage mass [J]. Agronomy Journal, 1992, 84(3): 603-605.

[3] HARMONEY K R, MOORE K J, GEORGE J R, et al. Determination of pasture biomass using four indirect methods [J]. Agronomy Journal, 1997, 89(4): 665-672.

[4] MARTIN R C, ASTATKIE T, COOPER J M, et al. A comparison of methods used to determine biomass on naturalized swards [J]. Journal of Agronomy and Crop Science, 2005, 191(2): 152-160.

[5] RAYBURN E B, RAYBURN S B. A standardized plate meter for estimating pasture mass in on-farm research trials [J]. Agronomy Journal, 1998, 90(2): 238-241.

[6] SANDERSON M A, ROTZ C A, FULTZ S W, et al. Estimating forage mass with a commercial capacitance meter, rising plate meter, and pasture ruler [J]. Agronomy Journal, 2001, 93(6): 1281-1286.

[7] 赵钢, HOFMANN M, ISSELSTEIN J. 非破坏性产量测定方法在放牧草地产量动态研究中的应用[J]. 中国草地, 2004, 26(5): 54-58.

[8] 赵钢, HOFMANN M, ISSELSTEIN J. 绵羊放牧地草皮结构和牧草供给量的时空异质性研究[J]. 草业科学, 2004(增刊): 151-155.

【责任编辑 李晓卉】