

FOREWORD

The work reported in this thesis should be seen as an exploratory one contributing to the overall range vegetation measurements. It is hoped that it will aid in establishing base lines for a wide range of observations through numerous and adequate vegetation assessment techniques.

ABSTRACT

Reliability of the Current Range Assessment Techniques in Semi -Arid Rangelands “El Baja” Area - White Nile State

The annual and biennial herbaceous forage plants and some selected shrubs from (*El Baja*) area ($13^{\circ} 36'$ and $14^{\circ} 10'$ N ; $31^{\circ} 45'$ and $32^{\circ} 23'$ E), White Nile State, were assessed between 15th and 30th October 2002. The most effective rainfall period occurred between June and July 2002.

The principal objective of the study was to investigate the reliability of vegetation assessment techniques that help attaining suitable management indicators.

In the course of this study, numerous prevailing techniques were used to assess ground cover and bare soil, herbage mass and herbage mass composition of herbaceous plants, and available browse of selected shrubs. These included:

- a. The use of the traditional Loop method and the introduced Wheel-point method, to determine ground cover and bare soil.
- b. The use of the Double sampling procedure and the Dry Weight Rank method (DWR), to determine herbage mass and composition.
- c. The use of in-direct methods of Le Houerou and Hoste (1977) and Breman (1975), to determine herbage mass in relation to the annual rainfall.
- d. The use of Adelaide technique, to determine available browse of some selected shrubs.

Ground cover, consisting of living vegetation and litter, was found to be high (93%), as assessed by the Loop method. This value was low (38%), as assessed by the Wheel-point method. The most dominant forage plants, as assessed by the Loop method were: *Aristida adscensionis*, *Dactyloctenium aegyptium*, *Eragrostis tremula* and *Fimberstylis dichotoma*. They were: *Aristida adscensionis*, *Fimberstylis dichotoma*, *Eragrostis tremula* and *Indigofera sp* , as determined by the Wheel-point method. Regardless of these variations in results, both methods were found to be useful and they have identified some management indicators. The methods were considered to be ecologically based.

Herbage mass was assessed by three methods. The first, was the quadrature method by which herbage mass was assessed to be 314 kg/ha 394 kg/ha when quadrates of areas 1m² and 0.5 m² were used respectively. This method was found to be laborious, destructive and time consuming. The second, was the Double sampling procedure. Herbage mass was calculated by a linear regression in the form of: $Y = a + b X$. The results indicated that, the co-efficient of determination (R^2) of the three single operators were found to be 0.97, 0.98 and 0.94 with 1m² quadrature and they were 0.98, 0.97 and 0.99 with 0.5m² quadrature. Herbage mass was calculated to be 308 kg/ha for (1m²) and 318 kg/ha for (0.5m²). The results do not show any significant differences between the three single operators and the two quadrature sizes. On the other hand, the Dry Weight Rank (DWR) method was used in conjunction with the Double sampling procedure to assess herbage mass composition. The results show that , these values fall within the range of 0.2% and 37% with 1m² quadrature size and on the range of 0.1% and 55% with 0.5m² quadrature size. The combined methods were not laborious, non-destructive and not time consuming. They were also considered to be

productivity based and they are highly recommended for application in this study area and other similar areas.

Herbage mass was lastly assessed by an indirect method that relates herbage mass to annual rainfall. Results show that herbage mass was calculated to be 702 kg/ha by Le Houerou and Hoste (1977) equation, and 928 kg/ha by Breman (1975) equation whereas the consumable herbage mass was 281 kg/ha. Both equations tend to over-estimate herbage mass as compared with the quadrat method and the Double sampling procedure.

The available browse was determined by Adelaide technique through a step-wise regressions in the form of : $Y=a+bx_1+cx_2$, where x_1 and x_2 are the width and height respectively of the selected shrubs not exceeding 1.5 meters. Results show that the co-efficient of determination (R^2) of these regressions were 0.62, 0.83, 0.60 and 0.80 for the shrubs *Leptadenia pyrotechnica*, *Acacia nilotica*, *Acacia raddiana* and *Acacia seyal*, if the estimated weight was used. Hence, the available browse was found to be 145.7, 282.4, 200.4 and 508.4 grams for the above-mentioned shrubs. On the other hand, when the calculated weight was used, R^2 were 0.60, 0.87, 0.72 and 0.95 and available browse was 54.3, 123.4, 176.8 and 188.0 grams. The Adelaide technique in its simple application was found to be reliable, non-destructive and not time consuming.

The overall findings of this study suggest that no one method by itself is sufficient to assess rangeland productivity and composition and that an integrated approach incorporating both ecological and production based methods, is desirable to assess rangelands condition and they will enable to identify correctly management indicators.

بسم الله الرحمن الرحيم

ملخص الدراسة

كفاءة طرق قياسات المراعى الراهنة فى المناطق شبه الجافة

منطقة الباجا- ولاية النيل الابيض

ل قد تم رصد النباتات الرعوية الحولية وثنائية الحول وبعض الشجيرات المختارة فى منطقة الباجا الرعوية بولاية النيل الأبيض (خط عرض 13 36 - 14 10 شمال ، و طول 45 31 - 32 23 شرق) فى الفترة من 15- 30 أكتوبر 2002م . و قد هطلت اغزر الأمطار فى ذلك العام خلال شهرى يونيو ويوليو .

الهدف الأساسى للدراسة هو البحث فى أنسب واكفأ الطرق واستعمالها ل قياس الغطاء النباتى التى نتمكن بموجب نتائجها من تحديد مؤشرات مناسبة لإدارة المراعى الطبيعية .

فى هذه الدراسة تم استعمال وتبنى العديد من طرق ال قياسات الرعوية لرصد التغيرات التى تحدث فى نسبة الغطاء الأرضى للنباتات الرعوية وب قايما النباتات . وكذلك نسبة الأرض الجرداء ، إنتاجية النباتات الرعوية وتحديد النسبة المئوية للنباتات المختلفة . كذلك تم رصد العلف الشجرى المتاح والكمية المستهلكة منه . هذا و قد اشتملت طرق ال قياسات المتبناة على الآتى :-

1. استعمال طريقة الحلقة أو العروة (حلقة باركر) وهى الطريقة الأكثر استعمالا حاليا لتقدير النسبة المئوية لمكونات المرعى الطبيعى . و قد تم أيضا إدخال وتبنى استعمال طريقة العجلة ومقارنتها بنتائج طريقة العروة .
2. استعمال طريقة الرصد المزدوجة ل قياس إنتاجية النباتات الرعوية بالتزامن مع طريقة رتب الوزن الجاف لتحديد النسبة المئوية لمكونات المرعى بالوزن للنباتات العشبية .

ج . استعمال الطرق غير المباشرة التى تعتمد على العلاقة بين إنتاجية المراعى وكمية الهطول السنوى للأمطار وذلك ل قياس إنتاجية النباتات الرعوية العشبية وكمية العلف المستهلك .

د. استعمال طريقة ادليد الأسترالية لرصد كمية العلف الشجرى المتاح لشجيرات المرخ. السنط، السيال والطلح.

لقد أثبتت الدراسة أن نسبة الغطاء الأرضى ممثلة فى النبات الرعوية الحية وبقايا النباتات كانت عالية (93%) عند استعمال طريقة العروة. بينما كانت قليلة (38%) عند استعمال طريقة العجلة. لقد كانت أكثر النباتات سيادة عند استعمال طريقة العروة نباتات القو، أبو أصابع، البنو وأم فسيديات. بينما تمثلت حين استعمال طريقة العجلة بالقو، أم فسيديات، البنو، والشراية. ولقد كان الاختلاف واضحا فى نسبة تردد تلك النباتات وذلك حسب الطريقة المتبعة. بالرغم من هذه الاختلافات الواضحة فى استعمال هاتين الطريقتين إلا انهما قد أثبتتا فائدتهما فى رصد تغيرات الغطاء النباتى مما أدى إلى تحديد بعض المؤشرات لإدارة المرعى مثل حالة المرعى وظهور النباتات المتزايدة والمتناقص، هذا ولقد خلصت الدراسة إلى اعتبار هاتين الطريقتين من الطرق البيئية (طرق نوعية).

بالنسبة لرصد إنتاجية المراعى الطبيعية، فلقد تم ذلك بعدة طرق. أول هذه الطرق: طريقة المربع التقلدية والأكثر شيوعا. وأوضحت الدراسة أن إنتاجية النباتات الرعوية لهذه الطريقة قد بلغت 314 كجم/هكتار. و 394 كجم/هكتار وذلك عند استعمال مربعات بمساحة 1م² (1م×1م) و 0.5م² (1م×0.5م). لقد اتضح أن هذه الطريقة كانت مكلفة ومدمرة للبيئة الرعوية وتستغرق زمنا كبيرا فى عملية القياس. ثانى الطرق المستعملة هى طريقة الرصد المزدوجة والتي تعتمد على استنباط معادلات خطية من العلاقة بين الوزن التقديرى والوزن الحقيقى على النحو الآتى:

$$Y = a + b x$$

أثبتت التحاليل الإحصائية لتلك المعادلات أن معدل الانحدار (R^2) قد كان 0.97، 0.98، 0.90. عند استعمال مربع مساحته 1 متر مربع، 0.98، 0.99، 0.97. عند استعمال مربع مساحته نصف متر مربع. هذا وقد تم حساب كمية النباتات الرعوية حيث كانت 308 كجم/هكتار (1م²) و 318 كجم/هكتار (0.5م²). لم تثبت النتائج الإحصائية أى فروقات معنوية بين نتائج الأشخاص الثلاثة الذين قاموا بعملية الرصد كل على حده وكذلك بين نوع وسعة المربع المستعمل.

بالتضامن مع هذه الطريقة تم استعمال طريقة رتب الوزن الجاف (DWR)) لتحديد نسبة النباتات الرعوية كل على حده. هذا وقد أوضحت الدراسات السابقة أن هذه الطريقة هي المستعملة دائما لتحديد نسبة النباتات الرعوية المختلفة. وقد أثبتت الدراسة الحالية أن هاتين الطريقتين مناسبتين وغير مكلفتين وغير مدمرتين للبيئة ولا تحتاجان لوقت طويل لأخذ القراءات. لذا تمت التوصية الشديدة بضرورة استعمال هاتين الطريقتين فى رصد إنتاجية النباتات الرعوية والاستعاضة بهما عن الطريقة التقليدية المدمرة. وثالثة الطرق لرصد إنتاجية النباتات الرعوية كانت بواسطة استعمال الطرق غير المباشرة والتي تعتمد على العلاقة بين إنتاجية المراعى وكمية الهطول السنوى للأمطار. وتم استعمال معادلتى لاهرو وهوست 1977م وبريمان 1975م. وقد كانت النتائج على النحو التالى: 207كجم/هكتار بواسطة معادلة لاهرو وهوست و 928 كجم/هكتار بواسطة معادلة بريمان. اتضح أن هذه القيم عالية جدا مقارنة بتلك التى تم الحصول عليها عند استعمال طريقتى المربع والرصد المزدوجة. من جهة أخرى تم حساب كمية العلف التى تستهلكه الحيوانات ب 281 كجم/هكتار والذى يعادل 40% من الإنتاجية الرعوية الكلية. أثبتت النتائج فى هذه الدراسة أن كمية العلف الشجرى المتاح قد تم حسابه بالمعادلة الخطية التالية:

$$Y = a + bx_1 + cx_2$$

هذا وقد أوضحت النتائج ان معدل الانحدار (R^2) كان 0.83، 0.62، 0.72، 0.80 عند استنباط المعادلات الخطية لشجيرات المرخ والسنت والسيال والطح على التوالى وذلك عند استعمال الوزن التقديرى (بالعين). بينما كان المعدل 0.60، 0.87، 0.72، 0.95، عند استعمال معامل التصحيح (C.F). هذا وقد كانت كمية العلف الشجرى المتاح عند استعمال الوزن التقديرى على النحو التالى 508.4 - 200.4 - 282.4 - 145.7 جم لشجيرات المرخ والسنت والسيال والطح على التوالى. بينما كانت الكمية 54.3 - 123.4 - 178.8 - 188.0 جرام. لنفس الشجيرات عند استعمال معامل التصحيح. فى هذه الدراسة قد تم استعمال طريقة ادليد بطريقة سهلة وبسيطة. وقد أعطت الطريقة نتائج معقولة نسبيا حيث وجدت هذه الطريقة غير مدمرة ولا تأخذ وقتا كبيرا. أن الخلاصة النهائية لهذه الأطروحة تقترح بأنه لا توجد طريقة واحدة تكون كافية لقياسات المراعى من ناحية نوعية وكمية ولا بد من استعمال الطرق التى تتكامل فيها

الطرق البيئية والإنتاجية لرصد حالة المراعى الطبيعية ومن ثم إعطاء وتحديد التوصيف
الصحيح للمؤشرات الإدارية المختلفة.

Tables of Content

	Page
FOREWORD	i
ABSTRACT	ii
ARABIC SUMMARY	v
Tables of Content	viii
List of Tables	xiii
List of Maps	xv
List of Figures	xvi
List of Appendices	xvii
ACKNOWLEDGEMENT	xviii

Contents

Chapter (I): Introduction	1
1.1 General	1
1.2 Major strategic activities of rangeland in Sudan	6
1.2.1 The rehabilitation of rangelands by their protection	7
1.2.2 Rehabilitation of rangelands through reseeding	8
1.2.3 Ranching	9
1.2.4 Range improvement through water spreading	10
1.2.5 Protection of rangelands through firelines construction	12
A. Management of grazing resources around permanent water supplies (UNSO/SUD/81/X03)	13

B. Integrated Resource Management for Desertification	
Control (UNSO/SUD/90/801)	14
1.3 The Socioeconomic aspects affecting rangeland development	15
1.3.1 The traditional systems and organizations of pastoral communities	15
1.3.2 The traditional knowledge and experiences	16
1.3.3 Land ownership system (Land tenure system)	16
1.3.4 Legistilation acts and regulations for rangeland use and protection	17
1.3.5 Development plans in the pastoral sector	18
1.4 The influence of drought	18
1.5 The agricultural expansion	20
1.6 Problem statement	21
1.7 Objective of the study	21
1.8 The hypothesis	21
Chapter (II): The Study Area	22
2.1 Location	22
2.2 Topography and soils	22
2.3 Climate	24
2.4 Vegetation	24
2.5 Socioeconomic aspects of “ <i>El Baja</i> ” area	25
2.6 Land use and patterns of production in “ <i>El Baja</i> ” area	30
2.6.1 Traditional rainfed agriculture	31
2.6.2 Animal production	34
2.7 Threats and obstructions of rangeland in “ <i>El Baja</i> ” area	37
2.7.1 Over-exploitation of natural resources	37
2.7.2 Desertification in “ <i>El Baja</i> ”	39

2.7.3	Animal production problems in “ <i>El Baja</i> ” area	42
2.7.4	Government poor services and weak coordination	43
2.7.5	Water scarcity in “ <i>El Baja</i> ” area	44
Chapter (III):	Literature Review	45
3.1	Introduction	45
3.2	Methods of assessing species composition and ground cover	46
3.2.1	The Loop method	46
3.2.2	The Wheel-point method	49
3.2.3	The Dry weight Rank method	53
3.3	Methods of assessing herbage mass (Double sampling procedure)	61
3.4	Methods of assessing available browse of shrubs	65
3.5	In-direct method for assessing herbage mass of rangeland	70
Chapter (IV):	Materials and Methods	74
4.1	General	74
4.2	Methods for assessing species composition and ground cover	74
4.2.1	The traditional Loop method	74
4.2.2	The Wheel-point apparatus	76
4.3	Method to assess species composition by weight (The Dry Weight Rank method)	78
4.4	Methods of assessing herbage mass	78
4.4.1	The traditional clipping method from quadrates	79
4.4.2	The Double sampling procedure	79
4.5	Method for assessing Available Browse of shrubs	80
4.6	The relationship between annual rainfall and herbage primary production	81

Chapter (V): Results and Discussion	83
5.1 General	83
5.2 Vegetation assessment	85
5.2.1 Ground cover and bare soil	85
5.2.2 Forage plant composition	88
5.2.3 Forage plant dominance	88
5.2.4 The method cost	89
5.2.5 Adequacy and significance of methods	89
5.3 Herbage cover (%), Mass and Composition of herbaceous forage plants	92
5.3.1 Herbage cover %	93
5.3.2 Herbage mass determined by the traditional quadrat method	93
A. Cost of the quadrat method	97
B. Adequacy of the quadrat method	97
5.3.3 Herbage mass and composition determined by Double sampling procedure and Dry Weight Rank method	97
A. Herbage mass determined by Double sampling procedure	97
B. Herbage mass composition determined by The Dry Weight Rank method	103
C. Cost of the methods and operators differences	103
D. Adequacy of the methods	105
5.3.4 Herbage mass and consumable herbage mass of forage plants	105
5.3.5 Available Browse of shrubs	108
A. Difference between estimated and calculated	

available browse	110
B. The relationships between available browse the width and height of the shrub	110
C. The cost of the method	114
D. The adequacy and usefulness of the method	114
5.3.6 General conclusions about methods of vegetation measurements	114
A. Methods to assess ground cover and bare soil	115
1. The Loop method	115
2. The Wheel-point method	116
B. Methods to assess herbage mass and Composition	117
1. Double sampling procedure	117
2. Dry Weight Rank method	118
C. Method to assess available browse by Adelaide technique	118
D. Rangeland production and annual rainfall Relations	119
Chapter (VI): Conclusions	120
References	122
Appendices	

List of Tables

Table No.	Title	Page
1	The Ecological Regions of the Sudan	4
2	Numbers of basic livestock and its increment after drought	11
1	“El Baja” tribes	27
2	Crop production in traditional rain fed agricultural areas in “ <i>El Baja</i> ” (kg/ha)	33
3	Effect of drought in the production of Dukhn and Sesame in “ <i>Ageedat-el-tir</i> ” (kg/ha)	41
4	Example of calculations of the DWR method using multipliers and ratios	55
5	Effect of stocking rates on botanical composition of grasses, legumes and weeds	56
6	Percent species composition of herbaceous plant categories determined by the Dry Weight Rank method on sandy and duplex soils at Boolathana station between 23/11/1983 and 26/4/1985	58
7	Botanical composition calculated by four methods using artificial data from four quadrates	62
8	Observers regressions used to calculate herbage mass	66
9	Estimation of primary production of ELODAYA (based on rainfall)	72
12	Ground cover and bare soil by the Loop and Wheel-point methods	87
13	Plant species composition by the Loop and Wheel-point methods	87
14	Preferable and less preferable plants by the Loop and Wheel-point methods	87

15	The dominant plant species by the Loop and Wheel-point methods	90
16	The minimum plant species by the Loop and Wheel-point methods	90
17	Cover % determined by the traditional quadrature method	75
18	a. Herbage mass determined by the traditional quadrature method	
	b. Herbage mass of preferable and less preferable plants	96
19	Ocular herbage mass composition by weight determined by the traditional quadrature method	98
20	Operators regressions, R^2 and herbage mass determined by Double sampling procedure (quadrature size 1m^2)	100
21	Operators regressions, R^2 and herbage mass determined by Double sampling procedure (quadrature size 0.5m^2)	100
22	Herbage mass composition (%) and herbage mass determined by the Dry Weight Rank and Double sampling methods (quadrature size 1m^2)	104
23	Herbage mass composition (%) and herbage mass determined by the Dry Weight Rank and Double sampling methods (quadrature size 0.5m^2)	104
24	Herbage mass and consumable herbage mass (kg/ha)	107
25	Production unit weight and correction factors (C.F.) of the five standard shrubs	109
26	Differences between estimated weight and calculated weight for the five standard shrubs	111
27	Differences between estimated weight and calculated weight for the selected shrubs	111
28	Available browse regressions determined by Adelaide technique	113

List Of Maps

Map No.	Title	page
1	Ecological Regions of Sudan	2
2	Land Use Patterns In the White Nile State	23
3	<i>"El Baja"</i> Study Area	75

List of Figures

Figure No.	Title	page
1	Wheel-point strike and miss definitions	51
2	Wheel-point apparatus	77
3	Scatter plots using 1m ² quadrates	101
4	Scatter plots using 0.5m ² quadrates	107

List of Appendices

Appendix No.	Title	Page
1	Rainfall data for Ed-Duiem (1950 – 2002).	135
2	Loop method recording sheet.	137
3	Cover % recording sheet from quadrates.	138
4	Data Sheet for Double Sampling procedure and DWR method.	139
5	Quadrat size differences as determined by Double sampling Procedure.	140
6	Operators differences as determined by Double sampling procedure.	140
7	Operators differences determined by Adelaide technique.	141

ACKNOWLEDGEMENTS

My supervisors, Professor Hassan Abdul Rahman Musnad and Dr. Abdul Aziz Karamalla Gaiballa of the Sudan University of Science and Technology provided unlimited advice, encouragement and patience. I learnt the meaning of being logical, quantitative and accurate.

The great help and generous support of all the staff of Range and Pasture Administration of Ed-Duiem was highly appreciated.

I could not have proceeded in the fieldwork without the great help of my colleagues Dr. Abdul Salam Osman, Miss Dar El Naim I. Mohammed and Mr. Gasim Omer El Haj.

Special acknowledgement was given to Dr. Abdul Aziz Karamalla and Dr. Khalaf alla Ahmed of university of Bakht El-Ruda for their help in the many complex statistical analyses. Thanks also were given to Dr. Ali Darag Ali and Mr. Mohammed Fadl elmula for providing fruitful suggestions and information.

I would like to thank Mr. Mohammed Gabriel for typing this thesis.

I am particularly grateful to my family for their patience and support during the long hours of study.