

LITERATURA CITADA

- Brody, S. (1965) in Bioenergetics and Growth. pp. 484 - 574
Reinhold Publ. Corp. New York.
- Mc Dougall, (1948) Bloch. J : 43, pp: 99 - 109.
- National Research Council (1984) in Nutrient Requirements of Beef Cattle
(6th ed) pp. 48. National Academy Press, Washington, D.C.
- Secretary of Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council (1980).
in Standard Tables of Feed composition in Japan. pp. 40.
Central Association of livestock Industry, Tokyo.
- Takahashi, J. (1986) in Statistical Methods for Studies on Animal Production and Reproduction. pp. 1 - 44.
Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Veterinarias. San Lorenzo - Paraguay.
- Tilley & Terry (1963) J. Br. Grassld. Soc., 18 pp. 104 - 111.

EVALUACION Y UTILIZACION DE LA ENERGIA ALIMENTARIA EN EL GANADO DE CARNE

Con especial referencia al comportamiento reproductivo de las hembras y machos maduros

1. Utilización de la energía bruta de los alimentos

1.1. Fraccionamiento de la energía alimentaria

	{ <u>Energía digestible</u> (E.D.) = T.H.D.	{ <u>Energía metabolizable</u> (E.M.)	{ <u>Energía neta*</u> (E.N.)
Energía bruta (E.B.)	{ Energía fecal	{ Energía de fermentación gaseosa (metano)	{ <u>Incremento calórico (I.C.)</u>
	{ Energía fecal alimenticia	{ Energía urinaria	{ Calor de fermentación
	{ Energía fecal metabólica	{ Energía urinaria alimenticia	{ Calor generado por masticación y metabolismo de alimentos.
		{ Energía urinaria endógena	

Energía Neta para mantenimiento
(E.N.M.)

1. Metabolismo basal (M.B.)
- * 2. Energía gastada por movimientos voluntarios
3. Energía utilizada para el mantenimiento de temperatura corporal (frío y calor).

Energía Neta para producción
(E.N.P.)

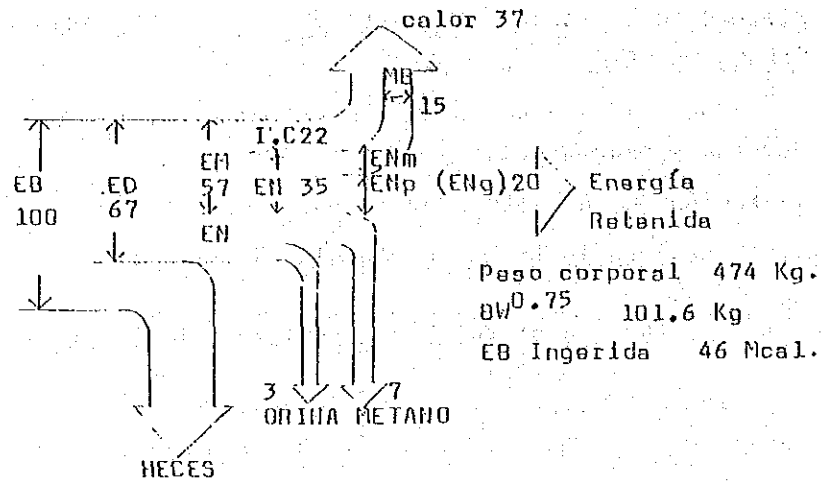
Retención de energía

1. Energía retenida para el desarrollo fetal en hembras
2. Energía retenida para espermatogónosis en machos
3. Energía retenida para crecimiento
4. Deposición grasa en el cuerpo
5. Energía retenida para producción de leche, pelos y piel (con la evolución parcial del calor).

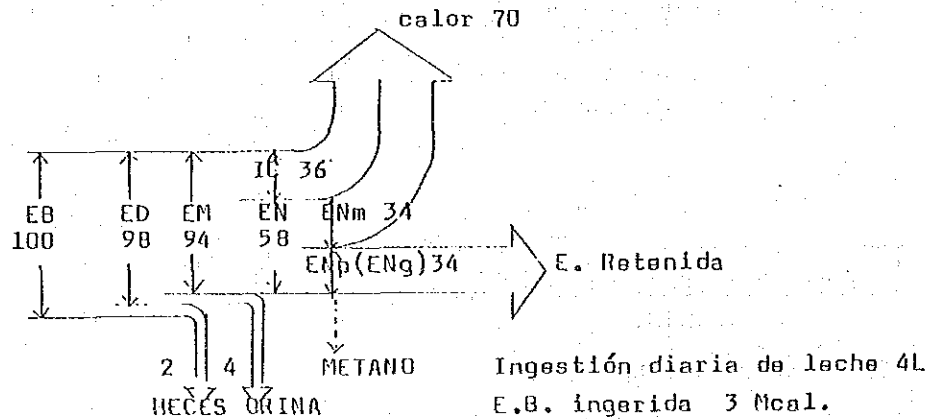
Energía liberada como calor

1.2. Flujo de energía y energía alimentaria

a. bovino maduro



b. Ternero en Lactación



2. Medición de la energía alimenticia

2.1. Medición de la energía del alimento (Método)

- 1) Energía Bruta (E.B.) Bomba calorimétrica
- 2) Energía digestible (E.D.) Bomba calorimétrica
colección de heces
- 3) Energía metabolizable (E.M.)
colección de orina Bomba calorimétrica
Medición de metano Tasa respiratoria
- 4) Energía neta (E.N.)
Medición del calor producido Tasa respiratoria
y Metabolismo basal (calorimetría directa)

2.2. Test de balance energético

- Ingestión de energía..... A
- Pérdida de energía por heces B
- Pérdida de energía por orina C
- Pérdida de energía por metano.... D
- Producción de calor..... E
- Energía retenida..... $A - (B+C+D+E)$
- Digestibilidad de la energía alimenticia $(A-B)/A$
- Metabolización de la energía alimentaria $\{A - (B+C+D)\} / A$
- Eficiencia Neta de la energía alimentaria..... f
- $f = (\text{Metabolismo basal} + \text{Energía retenida}) / \text{Energía ingerida}$
- $= \{ \text{Metabolismo basal} + A - (B+C+D+E) \} / A$

2.3. Evaluación de la energía alimenticia

$$ED = EO \times (A - B) / A$$

$$EM = EB \times \{A - (B+C+D)\} / A$$

$$EN = EO \times f$$

2.4. Medición del calor producido

Calorimetría directa

- a. Calorímetro de placa gradiente

Calorimetría indirecta

- a. Sistema de circuito cerrado
- b. Sistema de circuito abierto
 - cámara
 - máscara
 - tapa
 - cánula traqueal

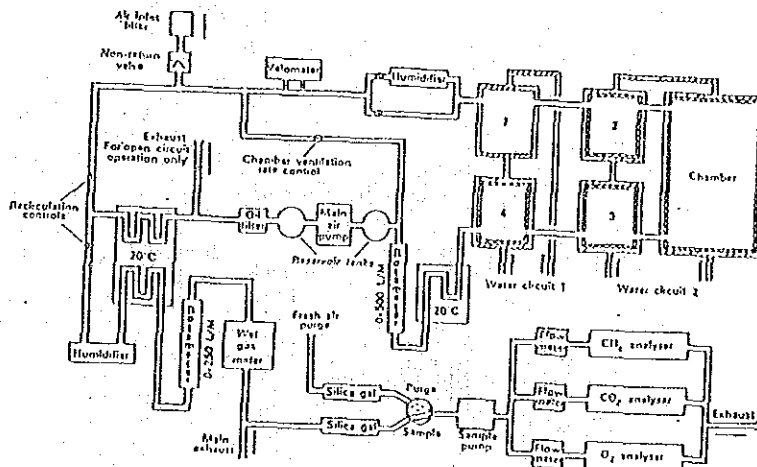


Fig. 1. Circuito de aire ventilado para un calorímetro de placa gradiente.

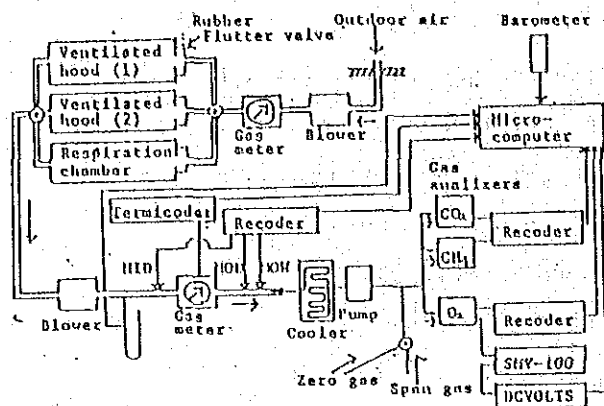


Fig. 2. Diagrama de funcionamiento del aparato de respiración.

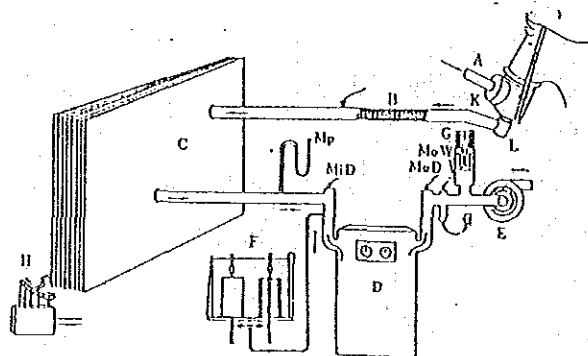


Fig. 3. Método de la máscara de circuito abierto

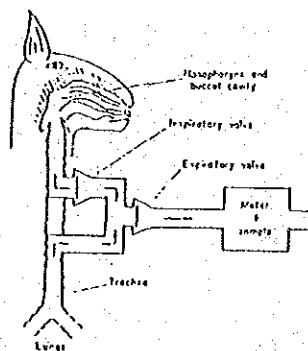
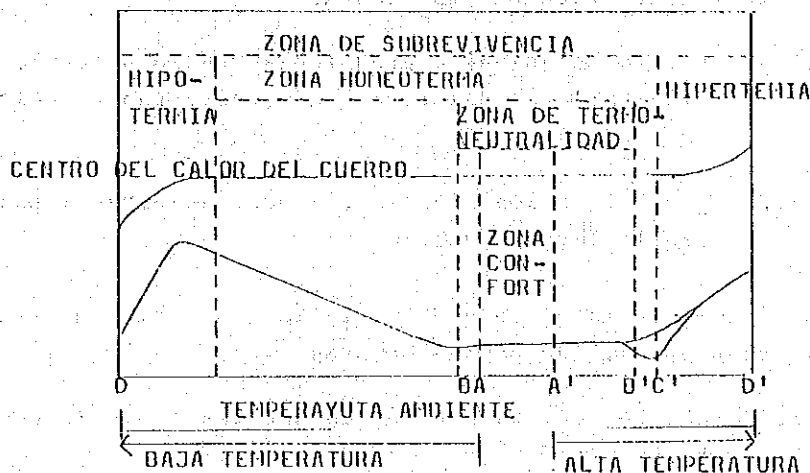


Fig. 4. Presentación diagramada de la técnica de cánula traqueal, mostrando la división endotraqueal y sistema de medición de gas.

3. Influencia de la temperatura ambiente sobre la producción de calor

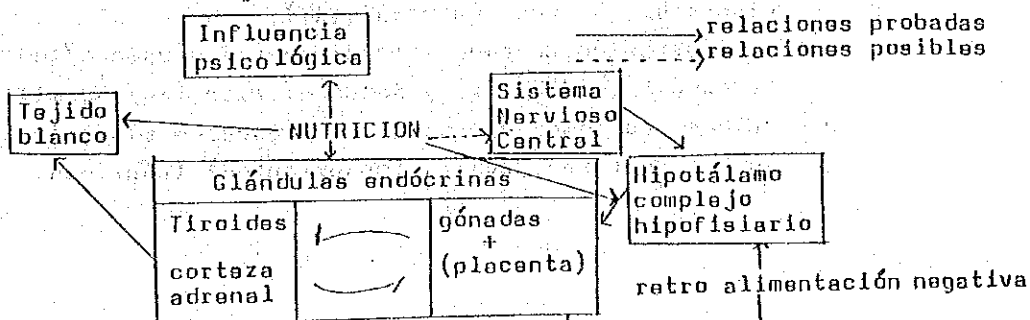


Temperatura corporal y termoneutralidad

Animal	Temperatura rectal	termoneutralidad
bovino (europeo)	38.5	15 - 18
bovino (indiano)	38.5	20 28
oveja	39.1	21 31
cabra	39.9	20 28
cerdos	39.0	20 26
lechones	40.0	34 35
perros (pelo largo)	38.9	13 16
(pelo corto)	38.9	20 26
gallinas	41.5	16 26
pavos	41.2	20 28
humanos	37.0	28 32
ratones	38.9	28 29

4. Algunos efectos directos e indirectos de la nutrición sobre la reproducción

4.1. Efectos generales de la nutrición sobre la reproducción



4.2. Influencia de la energía alimentaria sobre el comportamiento reproductivo de las hembras

4.2.1. Efecto del nivel energético sobre la glándula pituitaria anterior, las gónadas y sus relaciones funcionales

4.2.2. Efectos de los niveles de energía sobre el desarrollo intra - uterino

4.3. Influencia de la energía alimentaria sobre el comportamiento reproductivo de las hembras

4.3.1. Efectos de los niveles de energía sobre la función testicular

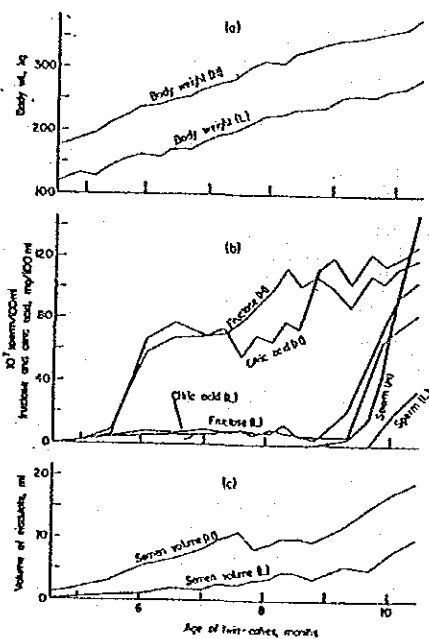


Fig. 5.a. Efecto de los niveles alto (II) y bajo (I) de nutrición sobre el peso corporal (KG);
b. Concentración de espermatozoides (10 espermatozoides/100 ml), fructuosa (mg/100 ml) y ácido cítrico (mg/100 ml); y
c. Volumen de semen producido por descarga eléctrica, de un par de toros jóvenes (monoziotos) idénticos.

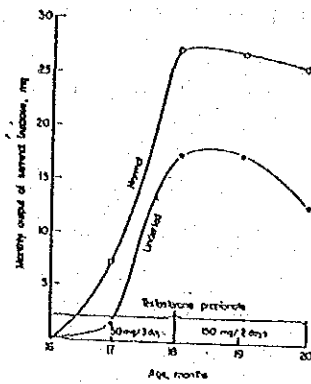


Fig. 6. Efecto de la Sub-alimentación sobre la eliminación de fructuosa seminal (mg/mes), estudiado en un par de toros jóvenes monozigotos castrados. Propionato de Testosterona fue inyectado en idénticas cantidades en ambos animales, el de alimentación normal y el gemelo sub-alimentado.

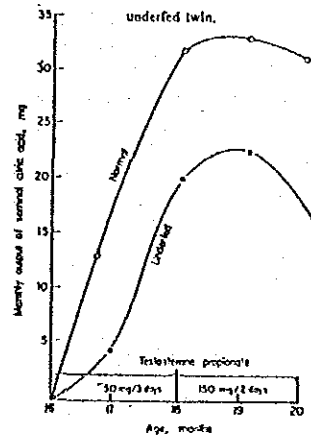


Fig. 7. Efecto de la sub-alimentación sobre la secreción de ácido cítrico seminal (mg/mes) estudiado en un par de toros jóvenes monozigotos castrados. Propionato de testosterona fue inyectado en idénticas cantidades en ambos gemelos, el de alimentación normal y el sub-alimentado.

STATISTICAL METHODS FOR STUDIES ON ANIMAL
PRODUCTION AND REPRODUCTION

PROF. DR. JIICHI TAKAHASHI
Expert of JICA
Department of Animal Nutrition
Faculty of Veterinary Medicine
National University of Asunción
San Lorenzo, 1986.

Preface

Recent developments in our basic understanding of animal science, in particular, and in the evolutions of new systems of animal production and reproduction have a very special significance in agricultural economics. The current progress in the fields of animal science will be regarded to be attributable to advances in the investigations based on many experiments and researches. For a better understanding of the underlying principles in biological phenomena, however, the results obtained under suitable experimental design should be treated appropriately.

The present text deals with the descriptions of essential methods of statistics which have frequently been used in the fields of animal production and reproduction.

The autor is highly appreciative of the assistance given by Prof. Dr. Eduardo Ruiz Almada, the dean of Faculty of Veterinary Science, National University of Asunción, and also greatly indebted to a very efficient secretary Miss N. Hishijima.

J. Takahashi
S. Lorenzo

CONTENTS

FACTORIAL DESIGN	124
1. One-way layout	124
2. Two-way layout	125
LATIN SQUARE	127
1. Basic forms of 4^2 latin square	127
2. Calculation of variance analysis	127
3. Calculation method of variance analysis in 4^2 latin square when only one result lacks	129
MULTIPLE RANGE TEST (TURKY)	131
REGRESSION AND CORRELATION	132
1. Linear regression	132
2. Curvilinear regression analyses	135
A. Exponential model	135
B. Brody's model for growth curve	136
3. Multiple regression analysis	137
PROGRAMS FOR NEC PC-8001 MK II PERSONAL COMPUTER	
One-way layout design	
Two-way layout design	
Latin square 4×4 and multiple range test	
Latin square lack Cal. X & T (Statistical estimation of lacked data)	
Latin square 4×4 and multiple range test (Contained lacked data)	
Linear regression	
Regression of curve (Exponential curve)	
Growth curve (Brody's model)	
Multiple regression analysis (2-dimensional)	
Multiple regression analysis (3-dimensional)	

APPENDIX TABLES

- Table 1. t-table
- Table 2. F-table ($P < 0.05$)
- Table 4. F-table ($P < 0.025$)
- Table 6. F-table ($P < 0.01$)
- Table 8. F-table ($P < 0.005$)
- Table 10. Q-table ($P < 0.05$)
- Table 11. Q-table ($P < 0.01$)

FACTORIAL DESIGN

1. One-way layout:

1.1. Calculation method when every repeatability of level is equal

Procedure 1: To postulate a null hypothesis no differences are observed among treatments.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_p, \dots$$

Procedure 2: To calculate correcting terms (CT)

$$CT = \left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r X_{ij} \right)^2 / ar$$

Where, each a and r represents level and repeatability

Procedure 3: To calculate sum of square as a whole

$$SAR = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r X_{ij}^2 - CT$$

Procedure 4: To calculate sum of square among treatments

$$SA = \sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^r X_{ij} \right)^2 / r - CT$$

Procedure 5: To calculate sum of square of error

$$SR(A) = SAR - SA$$

Procedure 6: To calculate degree of freedom

$$fAR = ar - 1$$

$$fA = ar - 1$$

$$fR(A) = fAR - fA = a(r-1)$$

Procedure 7: To make a table for variance analysis

Parameter	S	f	MS	F
Among treatments A	SA	a-1	SA/(a-1)	M _{SA} /M _{SR(A)}
Error R (A)	SR(A)	a(r-1)	SR(A)/a(r-1)	

Procedure 8: To practise the F-test

From the F-table

$$F \{ a-1, a(r-1); 0.05 \} = \alpha$$

$$F \{ a-1, a(r-1); 0.01 \} = \beta$$

If $M_{SA}/M_{SR(A)} > \alpha$ or β the differences of the results among treatments can be regarded as significance at $p < 0.05^*$ or $p < 0.01^{**}$.

When the differences of the results among treatments can be regarded as significant differences, the null hypothesis will be rejected ($\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu_p$)

1.2. Calculation method when repeatability of each level is different each other

Procedure 1: To postulate a null hypothesis no differences are observed among treatments.

Procedure 2: To calculate correcting terms (CT)

$$CT = \left(\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{r_i} X_{ij} \right)^2 / \left(\sum_{i=1}^a r_i \right)$$

Procedure 3: To calculate sum of square as a whole

$$SAR = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{r_i} X_{ij}^2 - CT$$

Procedure 4: To calculate sum of square among treatments

$$SA = \sum_{i=1}^a \left(\sum_{j=1}^{r_i} X_{ij} \right)^2 / r_i - CT$$

Procedure 5: To calculate sum of square of error

$$SR(A) = SAR - SA$$

Procedure 6: To calculate degree of freedom

$$fAR = \sum_{i=1}^a r_i - 1$$

$$fA = a - 1$$

$$fR(A) = fAR - fA = \sum_{i=1}^a r_i - a$$

Procedure 7 and Procedure 8 are as same as those described in 1 - 1

2. Two-way layout

2.1. First step of the calculation (The calculation with one-way layout)

Procedure 1: To calculate correcting terms (CT)

$$CT = \left(\sum_{i=1}^{ab} \sum_{j=1}^r x_{ij} \right)^2 / abr$$

Where a,b, and r represent levels of a and b factor and repeatability individually.

Procedure 2: To calculate sum of square as a whole

$$SABR = \sum_{i=1}^{ab} \sum_{j=1}^r x_{ij}^2 - CT$$

Procedure 3: To calculate sum of square among treatments

$$SAB = \sum_{i=1}^{ab} \left(\sum_{j=1}^r X_{ij} \right)^2 / r - CT$$

Procedure 4: to calculate sum of square of error

$$SR(AB) = SABR - SAB$$

Procedure 5: To calculate degree of freedom

$$fABR = abr - 1$$

$$fAB = ab - 1$$

$$fR(AB) = ab(r-1)$$

2.2. Second step of calculation (The calculation with two-way layout)

Procedure 6: To make sub-table

r = 7	B1	B2-----	Bb	Sum
A1	$\sum A1B1$	$\sum A1B2-----$	$\sum A1Bb$	$\sum A1$
A2	$\sum A2B1$	$\sum A2B2-----$	$\sum A2Bb$	$\sum A2$
Aa	$\sum Abb1$	$\sum Abb2-----$	$\sum Abb$	$\sum Aa$
Sum	$\sum B1$	$\sum B2-----$	$\sum Bb$	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^r X_{ij}$

Procedure 7: To calculate sum of square among levels of a factor.

$$SA = (\sum A_1)^2 + (\sum A_2)^2 + \dots + (\sum A_a)^2 - CT$$

Procedure 8: To calculate sum of square among levels of b factor

$$SB = (\sum B_1)^2 + (\sum B_2)^2 + \dots + (\sum B_b)^2 - CT$$

Procedure 9: To calculate sum of square of interaction between a and b factor.

$$S_{A \times B} = SAB - SA - SB$$

Procedure 10 : To calculate degree of freedom

$$f_A = a-1$$

$$f_B = b-1$$

$$f_{A \times B} = (a-1)(b-1)$$

Procedure 11: To make a table for variance analysis

Parameter	S	f	V	F
Effects of a factor: A	SA	f _A	SA/f _A	VA/VR(AB)
Effects of b factor: b	SB	f _B	SB/f _B	VB/VR(AB)
Interaction : A x B	SA x B	f _{A x B}	SAxB/f _{AxB}	VA/VR(AB)
Among treatments AB	SAB	f _{AB}	SAB/f _{AB}	VAB/VR(AB)
Error R(AB)	SR(AB)	f _{R(AB)}	SR(AB)/f _{R(AB)}	

Procedure 12: To practice the F-test

From F-table

$$F \{ f_A, f_{R(AB)}; 0.05 \} = \alpha_1$$

$$F \{ f_A, f_{R(AB)}; 0.01 \} = \alpha_2$$

$$F \{ f_B, f_{R(AB)}; 0.05 \} = \beta_1$$

$$F \{ f_B, f_{R(AB)}; 0.01 \} = \beta_2$$

$$F \{ f_{A \times B}, f_{R(AB)}; 0.05 \} = \delta_1$$

$$F \{ f_{A \times B}, f_{R(AB)}; 0.01 \} = \delta_2$$

If $VA/VR(AB) > \alpha_1$ or α_2 ; effect of a factor can be regarded as significant effect at $p < 0.05^*$ or 0.01^{**} . The statistical significances of effect b factor and interaction can be regarded in a similar manner as above.

LATIN SQUARE

1. Four basic forms of 4^2 latin square

[1]	[2]	[3]	[4]																																																																
<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 50px; height: 50px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	1	2	3	4	2	1	4	3	3	4	1	2	4	3	2	1	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 50px; height: 50px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>1</td><td>4</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>2</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>1</td><td>2</td></tr> </table>	1	2	3	4	2	1	4	3	3	4	2	1	4	3	1	2	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 50px; height: 50px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>1</td></tr> <tr><td>3</td><td>4</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>4</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr> </table>	1	2	3	4	2	3	4	1	3	4	1	2	4	1	2	3	<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 50px; height: 50px;"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td></tr> <tr><td>2</td><td>4</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>3</td><td>1</td><td>4</td><td>2</td></tr> <tr><td>4</td><td>3</td><td>2</td><td>1</td></tr> </table>	1	2	3	4	2	4	1	3	3	1	4	2	4	3	2	1
1	2	3	4																																																																
2	1	4	3																																																																
3	4	1	2																																																																
4	3	2	1																																																																
1	2	3	4																																																																
2	1	4	3																																																																
3	4	2	1																																																																
4	3	1	2																																																																
1	2	3	4																																																																
2	3	4	1																																																																
3	4	1	2																																																																
4	1	2	3																																																																
1	2	3	4																																																																
2	4	1	3																																																																
3	1	4	2																																																																
4	3	2	1																																																																

2^2 (2), 3^2 (12), 4^2 (576), 5^2 (161280)

There are 576 combinations in 4^2 latin square

2. Calculation of variance analysis

Form [1]

Example 1

	B1	B2	B3	B4	
G1	A1	A2	A3	A4	→ $\Sigma C1$
G2	A2	A1	A4	A3	→ $\Sigma C2$
G3	A3	A4	A1	A2	→ $\Sigma C3$
G4	A4	A3	A2	A1	→ $\Sigma C4$
	↓	↓	↓	↓	
	$\Sigma B1$	$\Sigma B2$	$\Sigma B3$	$\Sigma B4$	ΣA ΣB ΣC
	$\Sigma A1$	$\Sigma A2$	$\Sigma A3$	$\Sigma A4$	

A, Treatments

B, Animals

C, Periods

Procedure 1: To postulate null hypothesis $K^2 \Lambda = 0$

(No differences are observed among treatments)

Procedure 2: To calculate correcting terms (CT)

$$CT = \frac{(\sum_{i=1}^{j=16} A_i)^2}{16} = \frac{(\sum A)^2}{16}$$

Procedure 3: To calculate sum of square as a whole

$$S_{abc} = \sum_{i=1}^{j=16} A_i^2 - CT$$

Procedure 4: To calculate sum of square among treatments

$$S_a = \left\{ (\sum A_1)^2 + (\sum A_2)^2 + (\sum A_3)^2 + (\sum A_4)^2 \right\} / 4 - CT$$

Procedure 5: To calculate sum of square among animals

$$S_b = \left\{ (\sum B_1)^2 + (\sum B_2)^2 + (\sum B_3)^2 + (\sum B_4)^2 \right\} / 4 - CT$$

Procedure 6: To calculate sum of square among periods

$$S_c = \left\{ (\sum C_1)^2 + (\sum C_2)^2 + (\sum C_3)^2 + (\sum C_4)^2 \right\} / 4 - CT$$

Procedure 7: To calculate sum of square of error

$$S_z = S_{abc} - S_a - S_b - S_c$$

Procedure 8: To calculate degree of freedom

$$f_a = f_b = f_c = 4 - 1 = 3$$

$$f_z = (4^2 - 1) - f_a - f_b - f_c$$

$$= (4 - 1) (4 - 2) = 6$$

Procedure 9: To make the table for the variance analysis

TABLE 1 THE VARIANCE ANALYSIS

Parameter	S	f	MS	F
A: among treatments	S _a	f _a =3	S _a /f _a	MS _a /MS _z
B: among animals	S _b	f _b =3	S _b /f _b	MS _b /MS _z
C: among periods	S _c	f _c =3	S _c /f _c	MS _c /MS _z
Z: error of square	S _z	f _z =6	S _z /f _z	

Procedure 10: To practice the F - test

From the F - table

$$F(3,6; 0.05) = 4.757$$

$$F(3,6; 0.01) = 9.780$$

If MS_a/MS_z > 4.757, the differences of the results among treatments

can be regarded as significant at p < 0.05*

Additionally, if $MSa/MSz > 9.700$, the differences of the results among treatments can be regarded as significance at $P < 0.01$ **

The comparisons of the results among animals and periods can be practiced as same as those among treatments.

3. Calculation method of variance analysis in 4^2 latin square when only one result lacks.

Procedure 1: The statistical estimation of the result lacked

$$x = \left\{ k (A + B + C) - 2s \right\} / (k - 1) (k - 2)$$

Where k represents the size of square

$$k = 4$$

A: Sum of results in the treatment contained the result lacked

For example: when the result of A, (B4 ; C4) lacks

$$A = \sum A1 - A1 (B4 ; C4)$$

B: Sum of the results in the animals contained the result lacked.

$$B = \sum B4 - A1 (B4 ; C4)$$

C: Sum of the results in the periods contained the result lacked

$$C = \sum C4 - A1 (B4 ; C4)$$

S: Sum of the results

$$\sum A - A1 (B4 ; C4)$$

Procedure 2: To calculate the correction factor: K

$$K = \left\{ S - B - C - (k - 1) A \right\}^2 / \left\{ (k - 1) (k - 2) \right\}^2$$

Procedure 3: To calculate CT' , $Sabc'$, Sa' , Sb' , Sc' and Sz' corrected with the value estimated

Procedure 4: To correct the value of Sa' with K

$$Sa'' = Sa' - k$$

Procedure 5: To make the table for the variance analysis corrected with the value estimated.

Procedure 6: To practise the F - test

From the F - table

$$F(3,5 ; 0.05) = 5.409$$

$$F(3,5 ; 0.01) = 12.060$$

Parameter	S	f	MS	F
A: among treatments	Sa''	$fa = 3$	Sa''/fa	MSa'/Sz'
B: among animals	Sb'	$fb = 3$	---	---
C: among periods	Sc'	$fc = 3$	---	---
Z: error of square	Sz'	$fz' = 6-1$ $= 5$	---	---

Multiple range test (Turkey)

Procedure 1: To calculate the standard error ($S\bar{x}$)

$$S\bar{x} = \sqrt{MSz / N}$$

$$= \sqrt{Sz / Fz / 4}$$

From the Q - table

$$Q1 (4,6 ; 0.05) = 4.8956$$

$$Q2 (4,6 ; 0.01) = 7.0333$$

Procedure 2: To calculate significant difference (D1, D2)

$$1) P < 0.05 \quad D1 = Q1 \cdot S\bar{x} = 4.8956 S\bar{x}$$

$$2) P < 0.01 \quad D2 = Q2 \cdot S\bar{x} = 7.0333 S\bar{x}$$

Procedure 3: To compare the means of the results

$$\text{When } \frac{\Sigma A1}{4} > \frac{\Sigma A2}{4} > \frac{\Sigma A3}{4} > \frac{\Sigma A4}{4}$$

TABLE 2. THE COMPARISON OF THE MEANS OF THE RESULTS

\bar{x}	$\bar{x} - \frac{\Sigma A4}{4}$	$\bar{x} - \frac{\Sigma A3}{4}$	$\bar{x} - \frac{\Sigma A2}{4}$
$\frac{\Sigma A1}{4}$	$\frac{\Sigma A1 - \Sigma A4}{4}$	$\frac{\Sigma A1 - \Sigma A3}{4}$	$\frac{\Sigma A1 - \Sigma A2}{4}$
$\frac{\Sigma A2}{4}$	$\frac{\Sigma A2 - \Sigma A4}{4}$	$\frac{\Sigma A2 - \Sigma A3}{4}$	
$\frac{\Sigma A3}{4}$	$\frac{\Sigma A3 - \Sigma A4}{4}$		
$\frac{\Sigma A4}{4}$			

If each difference between two results $> D1$ or $D2$ the difference is significant at $P < 0.05$ or 0.01 .

Regression and correlation

1. Linear regression

1-1. Calculation method of regression coefficient (b) and constant (a)

$$y = a + bx$$

Procedure 1: To calculate, sum of square of x

$$S_x = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

Procedure 2: To calculate sum of product

$$S_{xy} = \sum xy - \sum x \cdot \sum y / n$$

Procedure 3: To calculate regression coefficient, b

$$b = S_{xy} / S_x$$

Procedure 4: To calculate regression constant, a

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

1-2. Proving of the calculation method of regression coefficient and constant by least square method

$$y = a + bx + e$$

Where e represents error which is independent x.

$$e = y - (a + bx)$$

Where y represents actual value and a + bx shows theoretical value of y.

To calculate a and b from x and y of combinations of n, it is necessary to minimize the sum of square of error.

Namely,

$$z = \sum e^2 = \sum \{y - (a + bx)\}^2 \longrightarrow \text{minimum}$$

Therefore, each differential of z by a and b is determined to do zero

$$\begin{aligned} dz/da &= -2 \sum \{y - (a + bx)\} \\ &= -2 (\sum y - na - bx) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$a = \sum y/n - b \sum x/n \dots \dots \dots (1)$$

$$\begin{aligned} dz/db &= -2 \sum x \{y - (a + bx)\} \\ &= -2 (\sum xy - a \sum x - b \sum x^2) \\ &= 0 \dots \dots \dots (2) \end{aligned}$$

Substituting equation (1) in equation (2)

yields the following general equation

$$\sum xy - \sum x \cdot \sum y/n - \left\{ b \sum x^2 - b(\sum x)^2/n \right\} = 0$$

Namely,

$$S_{xy} - bS_x = 0$$

$$b = S_{xy}/S_x$$

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

1-3. Calculation of variance analysis with regard to regression effects.

Procedure 1: To calculate sum of square of y

$$S_y = \sum y^2 - (\sum y)^2/n$$

Procedure 2: To calculate sum of square attributed to regression

$$S_{reg} = b^2 S_x = S_{xy}^2/S_x = bS_x$$

Procedure 3: To calculate sum of square of deviation from regression

$$S_e = S_y - S_{reg}$$

Procedure 4: To calculate degree of freedom

$$f_{reg} = 1 \text{ (degree of freedom of } S_{reg})$$

$$f_e = n-1 \text{ (degree of freedom of } S_e)$$

Procedure 5: To make the table for the variance analysis

Table 1. The variance analysis

Parameter	S	T	MS	F
Regression	S_{reg}	1	$S_{reg}/1$	MS_{reg}/MSe
Deviation from regression	S_e	$n-1$	$S_e/n-1$	

Procedure 6: To practise the f - test from the F - table

$$F(1, n-1 : 0.05) = \alpha$$

$$F(1, n-1 : 0.01) = \beta$$

If $MS_{reg}/MSe > \alpha$, regression of y to x can be regarded as significant at $P < 0.05$ * Additionally, if $MS_{reg}/MSe > \beta$, regression of y to x can be regarded as significant at $P < 0.01$ **.

Procedure 7: To test the statistical significances of regression coefficient and constant

Each variance of a, b, is showed as follows:

$$S_a^2 = \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_x} \right) \frac{S_e}{n-2}$$

$$S_b^2 = \frac{1}{S_x} \cdot \frac{S_e}{n-2}$$

Hence, standard errors of a and b are as follows:

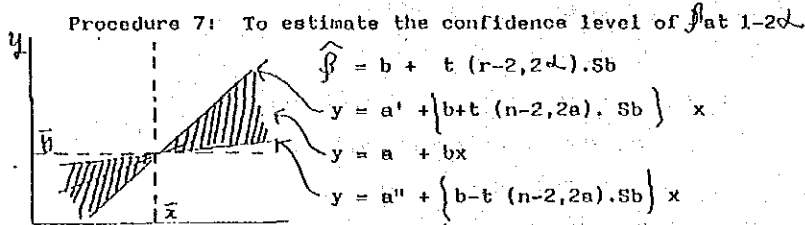
$$S_a = \sqrt{\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_x} \right) \frac{S_e}{n-2}}$$

$$S_b = \sqrt{\frac{S_e}{S_x(n-2)}}$$

$$T_a = a/S_a$$

$$T_b = b/S_b$$

Then, T-test is practised, namely, each value of t_a and t_b is compared with that of $t(n-2, 2\alpha)$ in the T-table.



1-4. Calculation of correlation coefficient

$$\begin{aligned}
 r &= S_{xy} / \sqrt{S_x.S_y} \\
 &= S_{xy} / (n-1) / \sqrt{S_x / (n-1). S_y / (n-1)} \\
 &= S_{xy} / (n-1) / \sqrt{S_x^2 . S_y^2}
 \end{aligned}$$

1-5. T-test of correlation coefficient

$$t = r\sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$$

Then, the t value is compared with $t(n-2, 2\alpha)$ value in the t-table.

2. Curvilinear regression analyses.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \dots + \beta_p x^p + \epsilon$$

When sole explicable variable exists, it must be converted appropriately such as logarithm to be treated by linear regression analysis.

A. Exponential model

$$y = a e^{bx}$$

A-1 Calculation method of regression formula:

Initially, the common logarithm of y must be calculated to be converted logarithmic curve to linear curve.

$$Y = \log_e y$$

Next, the regression coefficient (B) and constant (A) are determined according to the following analysis of linear regression.

PROCEDURE 1: To calculate sum of square of x

$$S_x = \sum x^2 - (\sum x)^2 / n$$

PROCEDURE 2: To calculate sum of product

$$S_{xY} = \sum xY - \sum x \cdot \sum Y / n$$

PROCEDURE 3: To calculate regression coefficient, B

$$B = S_{xY} / S_x$$

PROCEDURE 4: To calculate regression coefficient, A

$$A = \bar{Y} - B \bar{x}$$

A-2 Statistical test of significances of regression coefficient (B) and constant (A)

PROCEDURE 1: To calculate sum of square of Y

$$S_Y = \sum Y^2 - (\sum Y)^2 / n$$

PROCEDURE 2: To calculate sum of square attributed to regression

$$S_{reg} = B^2 S_x = S_{xY}^2 / S_x$$

PROCEDURE 3: To calculate sum of square of deviation from regression

$$S_e = S_Y - S_{reg}$$

PROCEDURE 4: To calculate variances of A and B

$$S_A^2 = \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_x} \right) \frac{S_e}{n-2}$$

$$S_B^2 = \frac{1}{S_x} \cdot \frac{S_e}{n-2}$$

PROCEDURE 5: To calculate of standard errors of A and B

$$S_A = \sqrt{\left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^2}{S_x} \right) MSe}$$

$$S_B = \sqrt{MSe / S_x}$$

$$t_A = A / S_A$$

$$t_B = B / S_B$$

Then, t-test is practised, namely, each value of tA and tB is compared with that of t (n-2, 2%) in the t-table.

A-3 Calculation of correlation coefficient

$$\begin{aligned} R &= S_{xY} / \sqrt{S_x \cdot S_Y} \\ &= S_{xY} / \left((n-1) \sqrt{S_x / (n-1) \cdot S_Y / (n-1)} \right) \\ &= S_{xY} / \left((n-1) \sqrt{S_x^2 \cdot S_Y^2} \right) \end{aligned}$$

A-4 t-test of correlation coefficient

$$t = r \sqrt{n-2} / \sqrt{1-r^2}$$

Then, the t value is compared with t(n-2, 2%) value in the t-table.

A-5 Modification of formula

$$Y = A + Bx$$

$$\log y = A + Bx$$

$$y = a e^{bx}$$

Where, $a = \text{anti log } A$

$$b = A / \log e$$

B. Brody's model for growth curve

$$y = a (1 - b e^{-kt}) \dots\dots\dots(1)$$

B-1 Calculation method of regression formula

Initially, a formula (1) should be deformed the following formula to be analyzed by linear regression analysis.

$$\ln (a-y) = \ln ab - kt \dots\dots\dots(2)$$

Where, a : mature size

k : instantaneous relative growth rate

Thus, the model formula (1) which has been reported for growth analysis by Brody (1945) can be analyzed as a linear regression.

For purposes of the computing the unknown values, b and k , the formula (2) is modified the following formula.

$$Y = A + B t$$

Where, $Y = \ln (a-y)$

$$A = \ln ab$$

$$B = -k$$

3. Multiple regression analysis

3-1 Preparation of the multiple regression formula.

Estimation of regression coefficients and constants by least square method.

Observed value:

$$y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_p X_p + u$$

Estimated value of regression:

$$\hat{y} = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p$$

Residual differences:

$$e = y - \hat{y}$$

To calculate b_0 and b_1, b_2, \dots, b_p , it is necessary to minimize the sum of square of residual difference.

$$\begin{aligned} Q = \sum e^2 &= \sum (y - \hat{y})^2 \\ &= \sum \left\{ y - (b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\}^2 \\ &\rightarrow \text{minimum} \end{aligned}$$

Therefore, each differential of Q by $b_0, b_1, b_2, \dots, b_p$ is determined to be zero.

Subsequently, it is necessary to solve the following equations

$$\begin{cases} \frac{\partial Q}{\partial b_0} = 2 \sum \left\{ -y + (b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\} = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b_1} = 2 \sum \left\{ -y + (b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\} X_1 = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b_2} = 2 \sum \left\{ -y + (b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\} X_2 = 0 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial Q}{\partial b_p} = 2 \sum \left\{ -y + (b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\} X_p = 0 \end{cases}$$

From first equation

$$-\sum y + n b_0 + b_1 \sum X_1 + b_2 \sum X_2 + \dots + b_p \sum X_p = 0$$

Hence,

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - \dots - b_p \bar{X}_p \quad \text{-----(1)}$$

Substituting equation (1) in second equation

$$\begin{aligned} \sum \left\{ -y + (\bar{y} - b_1 \bar{X}_1 - b_2 \bar{X}_2 - \dots - b_p \bar{X}_p + b_1 X_1 + b_2 X_2 + \dots + b_p X_p) \right\} X_1 &= 0 \\ -\bar{X}_1 \sum (y - \bar{y}) + b_1 \sum X_1 (X_1 - \bar{X}_1) + b_2 \sum X_1 (X_2 - \bar{X}_2) + \dots + b_p \sum X_1 (X_p - \bar{X}_p) &= 0 \\ b_1 \sum (X_1 - \bar{X}_1)^2 + b_2 \sum (X_1 - \bar{X}_1) (X_2 - \bar{X}_2) + \dots + b_p \sum (X_1 - \bar{X}_1) (X_p - \bar{X}_p) &= \sum (X_1 - \bar{X}_1) (y - \bar{y}) \end{aligned}$$

Subsequent equations are treated in a similar manner as above.

$$\begin{cases} b_1 S_{11} + b_2 S_{12} + \dots + b_p S_{1p} = S_{1y} \\ b_1 S_{12} + b_2 S_{22} + \dots + b_p S_{2p} = S_{2y} \\ \dots\dots\dots \\ b_1 S_{1p} + b_2 S_{2p} + \dots + b_p S_{2p} = S_{2y} \end{cases}$$

Where, each sum of square and sum of product of X_1, X_2, \dots, X_p represents S_{11}, S_{22}, S_{pp} and $S_{12}, S_{13}, \dots, S_{(p-1)p}$. Each sum of product of X_1, X_2, \dots, X_p and "y" represents $S_{1y}, S_{2y}, \dots, S_{py}$.

Describing above simultaneous equations with matrix and vector

$$\begin{bmatrix} S_{11} & S_{12} & \dots & S_{1p} \\ S_{12} & S_{22} & \dots & S_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S_{1p} & S_{2p} & \dots & S_{pp} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{1y} \\ S_{2y} \\ \dots \\ S_{py} \end{bmatrix}$$

S

Therefore, regression coefficients can be calculated by the following equation

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & \dots & C_{1p} \\ C_{12} & C_{22} & \dots & C_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{1p} & C_{2p} & \dots & C_{pp} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} S_{1y} \\ S_{2y} \\ \dots \\ S_{py} \end{bmatrix}$$

Where, C_{ij} shows a factor of inverse matrix S^{-1}

Moreover, regression constant is calculated from equation (1)

3-2 Calculation of variance analysis with regard to regression effects.

Procedure 1: To calculate sum of square of y

$$S_y = \sum (y - \bar{y})^2 = \sum y^2 - (\sum y)^2 / n$$

Procedure 2: To calculate sum of square attributed to regression

$$S_{reg} = \sum (\hat{y} - \bar{y})^2 = \sum_{i=1}^p b_i S_{iy}$$

Procedure 3: To calculate sum of square of residual difference

$$S_e = \sum (y - \hat{y})^2 = S_y - S_{reg}$$

Procedure 4: To make the following table for the variance analysis

Parameter	f	S	MS	F
Regression	p	Sreg	MSreg	MSreg/ MS _e
Residual difference	n-p-1	S _e	MS _e	
Whole	n-1	S _y		

Procedure 5: To practise the F-test from the F- table

$$F(p, n-p-1 : 0.05) = \alpha$$

$$F(p, n-p-1 : 0.01) = \beta$$

$MS_{reg}/MS_e > \alpha$, regression of y to X_1, X_2, X_p , can be regarded as significant at $p < 0.05^*$. Additionally, if $MS_{reg}/MS_e > \beta$, the regression can be regarded as significant at $p < 0.01^{**}$.

Procedure 6: To calculate determinate coefficient (R^2) and multiple correlation coefficient (R)

$$R^2 = S_{reg}/S_y$$

$$R = \sqrt{R^2}$$

Procedure 7: To test the statistical significances of R in the manner of comparison with above F-values in F- table.

```

80 PRINT "♦" ;PRINT
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXXXX ONE-DAY XXXXXXX"
92 PRINT "XXXXX LAYOUT DESIGN XXXXXXX"
93 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
100 PRINT "
105 PRINT " | A1 | A2 | A3 | "
110 PRINT " |-----|-----|-----| "
115 PRINT " | 1 | | | | "
120 PRINT " |-----|-----|-----| "
125 PRINT " | 2 | | | | "
130 PRINT " |-----|-----|-----| "
135 PRINT " | 3 | | | | "
140 PRINT " | R1 | R2 | R3 | "
150 PRINT "
200 INPUT " How many (A) " ;A
205 INPUT " Max. R NO. " ;R
206 DIM R(A) ;DIM A(R,A)
210 FOR B=1 TO A:PRINT TAB (5) "R" ;B:
220 INPUT R(B) ;NEXT B
225 PRINT " OK? Y or N "
226 INPUT Q#
227 IF Q#="Y" GOTO 235
228 ERASE R,A
229 GOTO 200
235 N=0:FOR B=1 TO A
245 N=N+R(B) ;NEXT B
250 F4=A-1:F5=N-1-F4
300 PRINT "F(" ;F4 ;F5 " %)" ;:INPUT H1
320 PRINT "F(" ;F4 ;F5 " %)" ;:INPUT H2
415 PRINT " OK? Y OR N "
416 INPUT P#
417 IF P#="Y" GOTO 420
419 GOTO 300
420 PRINT " CORRECTION ON ????"
440 FOR A1=1 TO A : FOR R1=1 TO R(A1)
470 PRINT "(A" ;A1 ;"NO. " ;R1)" ;: INPUT A(R1,A1)
480 IF A(R1,A1)=9999 THEN GOSUB 3000
490 NEXT R1 ;NEXT A1
515 PRINT " OK? Y OR N"
516 INPUT Q#
517 IF Q#="Y" GOTO 530
518 ERASE A
519 DIM A(R,A)
520 GOTO 440
530 CT=0: S=0
540 FOR A1=1 TO A:FOR R1=1 TO R(A1)
550 CT=CT+A(R1,A1): S=S+A(R1,A1)*A(R1,A1)
560 NEXT R1 ;NEXT A1
600 CT=CT*CT/N:S=S-CT:D=0
620 FOR A1=1 TO A :C=0: FOR R1=1 TO R(A1)
650 C=C+A(R1,A1);NEXT R1
670 D=D+C*C/R(A1); NEXT A1:D=D-CT
680 E=S-D
690 F=D/F4*F5/E
700 PRINT " F= " ;F
1000 IF F>H1 THEN PRINT " A %5%"
1050 IF F>H2 THEN PRINT " A %X1%"
1140 PRINT : PRINT " RETURN? R"
1145 PRINT " STOP ? S"
1146 INPUT R#
1147 IF R#="S" THEN 1200
1150 ERASE A
1160 DIM A(R,A)
1170 GOTO 440
1200 STOP
3000 INPUT " A " ;AA
3002 INPUT " NO " ;RR
3010 PRINT "(A" ;AA ;"NO. " ;RR)" ;
3020 INPUT A(RR,AA) ; PRINT
3030 R1=R1-1
3040 RETURN

```

```

80 PRINT "A" ;PRINT
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXXX THO-HAY XXXXX"
92 PRINT "XXXX LAYOUT XXXXX"
93 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
100 PRINT "
105 PRINT " | |A1B1|A1B2|A2B1|A2B2| "
110 PRINT " | | | | | | "
115 PRINT " |R1| | | | | | "
120 PRINT " | | | | | | "
125 PRINT " |R2| | | | | | "
130 PRINT " | | | | | | "
135 PRINT " |R3| | | | | | "
145 PRINT "
200 INPUT " How many A " ;A
210 INPUT " How many B " ;B
220 INPUT " How many R " ;R
225 PRINT " OK? Y OR N "
226 INPUT Q$
227 IF Q$="Y" THEN 230
227 GOTO 200
230 H=A*B
240 DIM A(R,N) ; DIM B(N)
245 DIM D(A) ; DIM E(B)
250 F3=H*(R-1)
260 F4=A-1
270 F5=B-1
280 F6=(A-1)*(A-1)
300 PRINT "F(" ;F4;F3;"5%)" ;
310 INPUT "=" ;H1
320 PRINT "F(" ;F4;F3;"1%)" ;
330 INPUT "=" ;H2
340 PRINT "F(" ;F5;F3;"5%)" ;
350 INPUT "=" ;H3
360 PRINT "F(" ;F5;F3;"1%)" ;
370 INPUT "=" ;H4
380 PRINT "F(" ;F6;F3;"5%)" ;
390 INPUT "=" ;H5
400 PRINT "F(" ;F6;F3;"1%)" ;
410 INPUT "=" ;H6
415 PRINT " OK? Y or N "
416 INPUT P$
417 IF P$="Y" GOTO 420
417 GOTO 300
420 PRINT "CORRECTION ON 9999"
430 FOR A1=1 TO A
440 FOR B1=1 TO B
450 FOR R1=1 TO R
460 N1=B1*B1*(A1-1)
470 PRINT "(A" ;A1;"B" ;B1;"R" ;R1)" ;
480 INPUT "=" ;A(R1,N1)
485 IF A(R1,N1)=9999 THEN GOSUB 3000
490 NEXT R1
500 NEXT B1
510 NEXT A1
515 PRINT " OK? Y or N"
516 INPUT Q$
517 IF Q$="Y" GOTO 530
518 ERASE A
519 DIM A(R,N)
520 GOTO 430
530 CT=0 ;S=0
540 FOR R2=1 TO R
550 FOR N2=1 TO N
560 CT=CT+A(R2,N2)
570 S=S+A(R2,N2)*A(R2,N2)
580 NEXT N2
590 NEXT R2

```

```

600 CT=CTXCT/(NXR)
610 S=S-CT
620 FOR N3=1 TO N
630 C=0
640 FOR R3=1 TO R
650 C=C+A(R3,N3)
660 NEXT R3
670 B(N3)=C
680 NEXT N3
690 AB=0
700 FOR K=1 TO N
710 AB=AB+B(K)XB(K)
720 NEXT K
735 AB=AB/R-CT
740 SR=S-AB
750 FOR A2=1 TO A
760 D=0
770 FOR B2=1 TO B
780 D=D+B(B2+BX(A2-1))
790 NEXT B2
800 D(A2)=D
810 NEXT A2
820 SA=0
830 FOR K1=1 TO A
840 SA=SA+D(K1)XD(K1)
850 NEXT K1
865 SA=SA/(BXR)-CT
870 FOR B3=1 TO B
880 E=0
890 FOR A3=1 TO A
900 E=E+B(B3+BX(A3-1))
910 NEXT A3
920 E(B3)=E
930 NEXT B3
940 SB=0
950 FOR K2=1 TO B
960 SB=SB+E(K2)XE(K2)
970 NEXT K2
985 SB=SB/(AXR)-CT
990 J=AB-SA-SB
1000 V1=SA/F4
1010 V2=SB/F5
1020 V3=J/F6
1030 V5=SR/F3
1040 G1=V1/V5
1050 G2=V2/V5
1060 G3=V3/V5
1080 IF G1>=H1 THEN PRINT " A X5%"
1090 IF G1>=H2 THEN PRINT " A XX1%"
1100 IF G2>=H3 THEN PRINT " B X5%"
1110 IF G2>=H4 THEN PRINT " B XX1%"
1120 IF G3>=H5 THEN PRINT " AXB X5%"
1130 IF G3>=H6 THEN PRINT " AXB XX1%"
1140 PRINT :PRINT " RETURN ? R
1145 PRINT " STOP ? S
1146 INPUT R#
1147 IF R#="S" THEN 1500
1150 ERASE A
1160 DIM A(R,N)
1170 GOTO 430
1500 STOP
3000 INPUT "A";AA
3001 INPUT "B";BB
3002 INPUT "R";RR
3005 NN=BB+BX(AA-1)
3010 PRINT "(A";AA;"B";BB;"R";RR)"
3020 INPUT "=";A(RR,NN)
3030 R1=R1-1
3040 RETURN

```

```

80 PRINT "*"
85 DIM A(4,4)
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXX  LATIN SQUARE 4  XXX"
92 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
110 PRINT " "
120 PRINT " | B1|B2|B3|B4|"
125 PRINT " |---|---|---|---|"
130 PRINT " |C1|A1|A2|A3|A4|"
135 PRINT " |---|---|---|---|"
140 PRINT " |C2|A2|A1|A4|A3|"
145 PRINT " |---|---|---|---|"
150 PRINT " |C3|A3|A4|A1|A2|"
155 PRINT " |---|---|---|---|"
160 PRINT " |C4|A4|A3|A2|A1|"
170 PRINT " |---|---|---|---|"
199 PRINT " CORRECTION ON 9999"
200 FOR B=1 TO 4
210 FOR C=1 TO 4
220 PRINT " (C",C,";B",B,") ";
230 INPUT "=";A(C,B)
235 IF A(C,B)=9999 THEN GOSUB 3000
240 NEXT C
250 NEXT B
300 CT=0;S=0
310 FOR B1=1 TO 4
320 FOR C1=1 TO 4
330 CT=CT+A(C1,B1)
340 S=S+A(C1,B1)^2
350 NEXT C1
360 NEXT B1
370 CT=CT^2/16
380 S=S-CT
390 A1=A(1,1)+A(2,2)+A(3,3)+A(4,4)
400 A2=A(2,1)+A(1,2)+A(4,3)+A(3,4)
410 A3=A(3,1)+A(4,2)+A(1,3)+A(2,4)
415 A4=A(4,1)+A(3,2)+A(2,3)+A(1,4)
420 B1=0;B2=0;B3=0;B4=0
425 C1=0;C2=0;C3=0;C4=0
430 FOR K=1 TO 4
440 B1=B1+A(K,1)
450 B2=B2+A(K,2)
460 B3=B3+A(K,3)
465 B4=B4+A(K,4)
470 C1=C1+A(1,K)
480 C2=C2+A(2,K)
490 C3=C3+A(3,K)
495 C4=C4+A(4,K)
500 NEXT K
510 SA=(A1^2+A2^2+A3^2+A4^2)/4-CT
520 SB=(B1^2+B2^2+B3^2+B4^2)/4-CT
530 SC=(C1^2+C2^2+C3^2+C4^2)/4-CT
540 SZ=S-SA-SB-SC
550 HA=SA/3
560 HB=SB/3
570 HC=SC/3
580 HZ=SZ/6
590 FA=HA/HZ
600 FB=HB/HZ
610 FC=HC/HZ
620 PRINT " OK? Y OR N"
625 INPUT O$
630 IF O$="Y" THEN 650
632 ERASE A
635 DIM A(4,4)

```



```

640 GOTO 200
650 PRINT "♦"
700 IF FA)=4.757 THEN PRINT " A X5%"
710 IF FA)=9.70 THEN PRINT " A XX1%"
720 IF FA<4.757 THEN 760
730 PRINT " A1=";A1/4
740 PRINT " A2=";A2/4
750 PRINT " A3=";A3/4
755 PRINT " A4=";A4/4
760 IF FB)=4.757 THEN PRINT " B X5%"
770 IF FB)=9.70 THEN PRINT " B XX1%"
780 IF FB<4.757 THEN 820
790 PRINT " B1=";B1/4
800 PRINT " B2=";B2/4
810 PRINT " B3=";B3/4
815 PRINT " B4=";B4/4
820 IF FC)=4.757 THEN PRINT " C X5%"
830 IF FC)=9.70 THEN PRINT " C XX1%"
840 IF FC<4.757 THEN 880
850 PRINT " C1=";C1/4
860 PRINT " C2=";C2/4
870 PRINT " C3=";C3/4
875 PRINT " C4=";C4/4
880 PRINT
900 PRINT " CONTINUE? Y OR N"
905 INPUT P#
910 IF P#="Y" THEN 930
912 ERASE A
920 GOTO 80
930 PRINT:PRINT
1000 PRINT " K1>K2>K3>K4"
1010 INPUT " K1=";K1
1020 INPUT " K2=";K2
1030 INPUT " K3=";K3
1035 INPUT " K4=";K4
1040 SX=SQR(MZ/4)
1050 D1=SXX7.0333
1060 D5=SXX4.8956
1070 J1=K1-K2;J2=K1-K3;J3=K1-K4
1075 J4=K2-K3;J5=K2-K4;J6=K3-K4
1080 IF (J1>D1) THEN PRINT " K1-K2 XX1%"
1085 IF (J1>D5) THEN PRINT " K1-K2 X5%"
1090 IF (J1>D5) THEN PRINT " K1-K2 X5%"
1100 IF (J2>D1) THEN PRINT " K1-K3 XX1%"
1110 IF (J2>D5) THEN PRINT " K1-K3 X5%"
1120 IF (J3>D1) THEN PRINT " K1-K4 XX1%"
1130 IF (J3>D5) THEN PRINT " K1-K4 X5%"
1132 IF (J4>D1) THEN PRINT " K2-K3 XX1%"
1133 IF (J4>D5) THEN PRINT " K2-K3 X5%"
1135 IF (J5>D1) THEN PRINT " K2-K4 XX1%"
1136 IF (J5>D5) THEN PRINT " K2-K4 X5%"
1138 IF (J6>D1) THEN PRINT " K3-K4 XX1%"
1139 IF (J6>D5) THEN PRINT " K3-K4 X5%"
1140 PRINT " CONTINUE ? C
1145 PRINT " RETURN ? R
1150 PRINT " STOP ? S
1155 INPUT Q#
1160 IF Q#="C" THEN 1000
1165 IF Q#="S" THEN 1200
1170 ERASE A
1175 GOTO 80
1200 STOP
3000 INPUT " C";CC
3010 INPUT " B";BB
3020 PRINT "(C";CC";",B";BB";")"
3030 INPUT " ";A(CC, BB)
3040 C=C-1
3050 RETURN

```

```

10 PRINT "*"
20 DIM A(4,4)
30 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
40 PRINT "XXXLatin4 lack Cal,X & TXXX"
50 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
60 PRINT "      "
70 PRINT " |B1|B2|B3|B4|"
80 PRINT " |-----|"
90 PRINT " |C1|A1|A2|A3|A4|"
100 PRINT " |-----|"
110 PRINT " |C2|A2|A1|A4|A3|"
120 PRINT " |-----|"
130 PRINT " |C3|A3|A4|A1|A2|"
140 PRINT " |-----|"
150 PRINT " |C4|A4|A3|A2|X |"
160 PRINT " |-----|"
170 PRINT "correction on 9999"
180 FOR B=1 TO 4
190 FOR C=1 TO 4
200 PRINT "(C|C|,B|B|)"
210 INPUT "=";A(C,B)
220 IF A(C,B)=9999 THEN GOSUB 2000
230 NEXT C
240 NEXT B
250 A=A(1,1)+A(2,2)+A(3,3)
260 B=A(1,4)+A(2,4)+A(3,4)
270 C=A(4,1)+A(4,2)+A(4,3)
280 S1=A(1,1)+A(2,1)+A(3,1)+A(4,1)
290 S2=A(1,2)+A(2,2)+A(3,2)+A(4,2)
300 S3=A(1,3)+A(2,3)+A(3,3)+A(4,3)
310 S4=A(1,4)+A(2,4)+A(3,4)
320 S=S1+S2+S3+S4
330 X=(4XA+4XB+4XC-2XS)/6
340 T=(S-B-C-3XA)^2/36
350 PRINT "X=";X
360 PRINT "T=";T
370 PRINT " OK? Y or N"
380 INPUT D$
390 IF D$="Y" THEN GOSUB 2050
395 IF D$="N" THEN GOTO 3000
400 ERASE A
410 DIM A(4,4)
420 GOTO 180
2000 INPUT " C";CC
2010 INPUT " B";BB
2020 PRINT "(C|CC|,B|BB|)"
2030 INPUT "=";A(CC,BB)
2040 C=C-1
2050 RETURN
3000 END

```

```

80 PRINT "A"
85 DIM A(4,4)
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXX  LATIN SQUARE 4  XXX"
92 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
110 PRINT "  "
120 PRINT " | B1|B2|B3|B4| "
125 PRINT " |---|---|---|---| "
130 PRINT " |C1|A1|A2|A3|A4| "
135 PRINT " |---|---|---|---| "
140 PRINT " |C2|A2|A1|A4|A3| "
145 PRINT " |---|---|---|---| "
150 PRINT " |C3|A3|A4|A1|A2| "
155 PRINT " |---|---|---|---| "
160 PRINT " |C4|A4|A3|A2|A1| "
170 PRINT " |---|---|---|---| "
180 INPUT "K=" ; K
197 PRINT " CORRECTION ON 9999"
200 FOR B=1 TO 4
210 FOR C=1 TO 4
220 PRINT " (C" ; C ; ",B" ; B ; ") " ;
230 INPUT "=" ; A(C,B)
235 IF A(C,B)=9999 THEN GOSUB 3000
240 NEXT C
250 NEXT B
300 CT=0 ; S=0
310 FOR B1=1 TO 4
320 FOR C1=1 TO 4
330 CT=CT+A(C1,B1)
340 S=S+A(C1,B1)^2
350 NEXT C1
360 NEXT B1
370 CT=CT^2/16
380 S=S-CT
390 A1=A(1,1)+A(2,2)+A(3,3)+A(4,4)
400 A2=A(2,1)+A(1,2)+A(4,3)+A(3,4)
410 A3=A(3,1)+A(4,2)+A(1,3)+A(2,4)
415 A4=A(4,1)+A(3,2)+A(2,3)+A(1,4)
420 B1=0 ; B2=0 ; B3=0 ; B4=0
425 C1=0 ; C2=0 ; C3=0 ; C4=0
430 FOR K=1 TO 4
440 B1=B1+A(K,1)
450 B2=B2+A(K,2)
460 B3=B3+A(K,3)
465 B4=B4+A(K,4)
470 C1=C1+A(1,K)
480 C2=C2+A(2,K)
490 C3=C3+A(3,K)
495 C4=C4+A(4,K)
500 NEXT K
510 SA=(A1^2+A2^2+A3^2+A4^2)/4-CT
515 ST=SA-K
520 SB=(B1^2+B2^2+B3^2+B4^2)/4-CT
530 SC=(C1^2+C2^2+C3^2+C4^2)/4-CT
540 SZ=S-SA-SB-SC
550 MA=SA/3
555 MT=ST/3
560 MB=SB/3
570 MC=SC/3
580 MZ=SZ/6
590 FA=MA/MZ
600 FB=MB/MZ
605 FT=MT/SZ
610 FC=MC/MZ
620 PRINT " OK? Y OR N"
625 INPUT D#

```

```

630 IF Q#="Y" THEN 650
632 ERASE A
635 DIM A(4,4)
640 GOTO 200
650 PRINT "▼"
700 IF FT>=5.409 THEN PRINT " A X5%"
710 IF FT>=12.06 THEN PRINT " A XX1%"
720 IF FT<5.409 THEN 800
730 PRINT " A1=";A1/4
740 PRINT " A2=";A2/4
750 PRINT " A3=";A3/4
755 PRINT " A4=";A4/4
800 PRINT "NO SIGNIFICATIVO"
900 PRINT " CONTINUE? Y OR N"
905 INPUT P#
910 IF P#="Y" THEN 930
912 ERASE A
920 GOTO 80
930 PRINT;PRINT
1000 PRINT " K1>K2>K3>K4"
1010 INPUT " K1=";K1
1020 INPUT " K2=";K2
1030 INPUT " K3=";K3
1035 INPUT " K4=";K4
1040 SX=SQR(MZ/4)
1050 D1=SXX7.0333
1060 D5=SXX4.8956
1070 J1=K1-K2;J2=K1-K3;J3=K1-K4
1075 J4=K2-K3;J5=K2-K4;J6=K3-K4
1085 IF (J1>D1) THEN PRINT " K1-K2 XX1%"
1090 IF (J1>D5) THEN PRINT " K1-K2 X5%"
1100 IF (J2>D1) THEN PRINT " K1-K3 XX1%"
1110 IF (J2>D5) THEN PRINT " K1-K3 X5%"
1120 IF (J3>D1) THEN PRINT " K1-K4 XX1%"
1130 IF (J3>D5) THEN PRINT " K1-K4 X5%"
1132 IF (J4>D1) THEN PRINT " K2-K3 XX1%"
1133 IF (J4>D5) THEN PRINT " K2-K3 X5%"
1135 IF (J5>D1) THEN PRINT " K2-K4 XX1%"
1136 IF (J5>D5) THEN PRINT " K2-K4 X5%"
1138 IF (J6>D1) THEN PRINT " K3-K4 XX1%"
1139 IF (J6>D5) THEN PRINT " K3-K4 X5%"
1140 PRINT " CONTINUE ? C
1145 PRINT " RETURN ? R
1150 PRINT " STOP ? S
1155 INPUT Q#
1160 IF Q#="C" THEN 1000
1165 IF Q#="S" THEN 1200
1170 ERASE A
1175 GOTO 80
1200 STOP
3000 INPUT " C";CC
3010 INPUT " B";BB
3020 PRINT "(C";CC);",B";BB);"
3030 INPUT "A(CC,BB)";
3040 C=C-I
3050 RETURN

```

```

80 PRINT "*" IPRINT
90 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT"XXXX linear regression XXXXX"
92 PRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
100 INPUT " HOW MANY (X) " ; J
105 INPUT " HOW MANY (Y) " ; K
106 INPUT "F value(P=0.05 ; 1, n-2) " ; F1
107 INPUT "F value(P=0.01 ; 1, n-2) " ; F2
108 INPUT "T value(P=0.05 ; n-2, 20) " ; T1
109 INPUT "T value(P=0.01 ; n-2, 20) " ; T2
110 DIM C(J-1) ; DIM D((K-1), (J-1))
115 FOR LI=0 TO (J-1)
120 PRINT " NO. " ; LI+1 ;
125 INPUT "=" ; C(LI)
130 NEXT LI
135 PRINTTAB(3) "OK? [Y OR N]"
140 INPUT OK
150 IF OK="Y" THEN 180
160 ERASE C
170 DIM C(J-1)
175 GOTO 115
180 FOR NI=0 TO (K-1)
190 PRINT "NO. " ; NI+1
200 FOR MI=0 TO (J-1)
210 PRINT " NO. " ; MI+1
220 INPUT "=" ; D(NI, MI)
230 NEXT MI
232 PRINTTAB(3) "OK? [Y OR N]"
235 INPUT PT
238 IF PT="Y" THEN 250
240 ERASE D
245 DIM D((K-1), (J-1))
247 GOTO 200
250 SX=0 ; SY=0 ; XY=0 ; YY=0
260 FOR J3=0 TO (J-1)
270 SX=SX+C(J3) ; SY=SY+D(NI, J3)
280 XX=XX+C(J3)*C(J3) ; YY=YY+D(NI, J3)*D(NI, J3)
290 XY=XY+C(J3)*D(NI, J3)
300 NEXT J3
310 B=(XY-SX*SY/J)/(XX-SX*SX/J)
320 A=(SY-B*SX)/J
330 R1=XY*J-SX*SY
340 R2=(XX*J-SX*SX)* (YY*J-SY*SY)
350 R=R1/SQR(R2)
351 SR=B*(XY-SX*SY/J)
352 SE=(YY-SY*SY/J)-SR
353 ME=SE/(J-2)
354 F3=SR/ME
360 S1=(1/J+((SX/J)^2)/(XX-SX*SX/J))*ME
370 SA=SQR(S1)
380 S2=ME/(XX-SX*SX/J)
390 SB=SQR(S2)
400 TA=A/SA
410 TB=B/SB
420 B1=B+T1*SB ; B2=B-T1*SB
430 B3=B+T2*SB ; B4=B-T2*SB
432 IF R1<0 THEN 445
440 TR=RX*SQR(J-2)/SQR(1-R^2)
442 GOTO 500
445 TR=-1*RX*SQR(J-2)/SQR(1-R^2)
500 B=INT (B*10000+.5)/10000
510 A=INT (A*10000+.5)/10000
520 R=INT (R*10000+.5)/10000
530 F3=INT (F3*10000+.5)/10000
540 TA=INT (TA*10000+.5)/10000
550 TB=INT (TB*10000+.5)/10000
560 TR=INT (TR*10000+.5)/10000
562 B1=INT(B1*10000+.5)/10000
564 B2=INT(B2*10000+.5)/10000
566 B3=INT(B3*10000+.5)/10000
568 B4=INT(B4*10000+.5)/10000
569 LPRINT"—— Regression formula ——"
570 LPRINT " Y=" ; A1 ; "+" ; B1 ; "X"

```

```

590 LPRINT"—Correlation coefficient—"
610 LPRINT " r=";R;" T=";TR
612 IF TR>T1 THEN LPRINT" X%" ;IF TR>T2 THEN LPRINT" XX%"
615 IF TR<T1 THEN LPRINT" NS"
620 LPRINT"F=";F3;"T=";TA;"Tb=";TB
630 IFF3>F1 THEN LPRINT"Regression effect(X%);IFF3>F2 THEN LPRINT"
    XX%"
650 IFF3<F1 THEN LPRINT"Regression effect NS"
665 IF TA>T1 THEN LPRINT"a=";A;"X%";IF TA>T2 THEN LPRINT" XX%"
680 IF TA<T1 THEN LPRINT"a=";A;"NS"
700 IF TB>T1 THEN LPRINT"b=";B;"X%";IF TB>T2 THEN LPRINT" XX%"
720 IF TB<T1 THEN LPRINT"b=";B;"NS"
730 LPRINT"Confidence range(95%)" ;B2;"——";B1
740 LPRINT" (99%)" ;B4;"——";B3
1000 NEXT N1
1010 END

```

```

00 PRINT "*" :PRINT
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXXX Regression of curve XXX"
92 PRINT "XXXX (Exponential curve) XXX"
93 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
100 INPUT " HOW MANY (X) " ;J
105 INPUT " HOW MANY (Y) " ;K
106 INPUT "F value(P=0.05 ;1,n-2) " ;F1
107 INPUT "F value(P=0.01 ;1,n-2) " ;F2
108 INPUT "T value(P=0.05 ;n-2,20) " ;T1
109 INPUT "T value(P=0.01 ;n-2,20) " ;T2
110 DIM C(J-1) :DIM D((K-1),(J-1))
115 FOR LI=0 TO (J-1)
120 PRINT " NO. " ;LI+1
125 INPUT "= " ;C(LI)
130 NEXT LI
135 PRINTTAB(3) "OK?(Y OR N)"
140 INPUT "0#"
150 IF "0#"="Y" THEN 180
160 ERASE C
170 DIM C(J-1)
175 GOTO 115
180 FOR NI=0 TO (K-1)
190 PRINT "NO. " ;NI+1
200 FOR MI=0 TO (J-1)
210 PRINT " NO. " ;MI+1
220 INPUT "= " ;D(NI,MI)
230 NEXT MI
232 PRINTTAB(3) "OK?(Y OR N)"
235 INPUT "P#"
238 IF "P#"="Y" THEN 250
240 ERASE D
245 DIM D((K-1),(J-1))
247 GOTO 200
250 SX=0 :SY=0 :XY=0 :YY=0
260 FOR J3=0 TO (J-1)
270 SX=SX+C(J3) :SY=SY+LOG(D(NI,J3))/LOG(10)
280 XX=XX+C(J3)*C(J3)
285 YY=YY+LOG(D(NI,J3))/LOG(10)*LOG(D(NI,J3))/LOG(10)
290 XY=XY+C(J3)*LOG(D(NI,J3))/LOG(10)
300 NEXT J3
310 B=(XY-SXXSY/J)/(XX-SXXSX/J)
320 A=(SY-BX SX)/J
330 R1=XYXJ-SXXSY
340 R2=(XXXJ-SXXSX)*(YYXJ-SYXSY)
350 R=R1/SQR(R2)
352 SR=BX(XY-SXXSY/J)
354 SE=(YY-SYXSY/J)-SR
356 HE=SE/(J-2)
358 F3=SR/HE
360 S1=(1/J+((SX/J)^2)/(XX-SXXSX/J))*HE
362 SA=SQR(S1)
364 S2=HE/(XX-SXXSX/J)
366 SB=SQR(S2)
368 TA=A/SA
370 TB=B/SB
372 B1=B+T1XSB :B2=B-T1XSB
374 B3=B+T2XSB :B4=B-T2XSB
376 TR=RXSQR(J-2)/SQR(1-R^2)
382 B=INT(BX10000+.5)/10000
384 A=INT(AX10000+.5)/10000
386 R=INT(RX10000+.5)/10000
388 H=10^A

```

```

370 I=B/.4343
372 H=INT(HX10000+.5)/10000
374 I=INT(IX10000+.5)/10000
376 F3=INT(F3X10000+.5)/10000
378 TA=INT(TAX10000+.5)/10000
400 TB=INT(TBX10000+.5)/10000
401 TR=INT(TRX10000+.5)/10000
402 B2=INT(B2X10000+.5)/10000
403 B3=INT(B3X10000+.5)/10000
404 B4=INT(B4X10000+.5)/10000
410 LPRINT"--- Regression formula ---"
412 LPRINT "   logY=";JA;"+";JB;"X"
414 LPRINT "   Y=";H;"e^";I;"X"
418 LPRINT"---Correlation coefficient---"
420 LPRINT "   r=";R;"   Tr=";TR
430 IF TR>T1 THEN LPRINT"           X5%";IF TR>T2 THEN LPRINT"           XX1%"
440 IF TR<T1 THEN LPRINT"           NS"
450 LPRINT"F=";F3;"Ta=";TA;"Tb=";TB
460 IF F3>F1 THEN LPRINT"Regression effect X5%";IF F3>F2 THEN LPRINT"XX1%"
470 IF F3<F1 THEN LPRINT"Regression effect NS"
480 IF TA>T1 THEN LPRINT"a=";JA;"X5%";IF TA>T2 THEN LPRINT"           XX1%"
490 IF TA<T1 THEN LPRINT"a=";JA;"NS"
500 IF TB>T1 THEN LPRINT"b=";JB;"X5%";IF TB>T2 THEN LPRINT"           XX1%"
510 IF TB<T1 THEN LPRINT"b=";JB;"NS"
520 LPRINT"Confidence range(95%)" ;B2;"—" ;B1
530 LPRINT"           (99%)" ;B4;"—" ;B3
900 NEXT N1
1000 END

```



```

3 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
80 PRINT "*" ;PRINT
90 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
91 PRINT "XXXXXX Growth curve XXXXXX"
92 PRINT "XXXXXX (BRODY's Model) XXXXXX"
93 PRINT "XXXXXX  $Y=a(1-be^{-kt})$  XXXXXX"
94 PRINT "XXXXXX  $\ln(a-Y)=\ln ab-kt$  XXXXXX"
95 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
100 INPUT " How many (t) " ;J
101 INPUT " How many (Y) " ;K
103 INPUT " Mature size (a) " ;V1
104 INPUT " F value(P=0.05 ; 1, n-2) " ;F1
105 INPUT " F value(P=0.01 ; 1, n-2) " ;F2
106 INPUT " T value(P=0.05 ; n-2, 20) " ;T1
107 INPUT " T value(P=0.01 ; n-2, 20) " ;T2
110 DIM C(J-1) ;DIM D((K-1), (J-1))
115 FOR L1=0 TO (J-1)
120 PRINT " NO. " ;L1+1
125 INPUT "=" ;C(L1)
130 NEXT L1
135 PRINTTAB(3) "OK?(Y OR N)"
140 INPUT Q#
150 IF Q#="Y" THEN 180
160 ERASE C
170 DIM C(J-1)
175 GOTO 115
180 FOR N1=0 TO (K-1)
190 PRINT "NO. " ;N1+1
200 FOR M1=0 TO (J-1)
210 PRINT " NO. " ;M1+1
220 INPUT "=" ;D(N1, M1)
225 D(N1, M1)=V1-D(N1, M1)
230 NEXT M1
232 PRINTTAB(3) "OK?(Y OR N)"
235 INPUT P#
238 IF P#="Y" THEN 250
240 ERASE D
245 DIM D((K-1), (J-1))
247 GOTO 200
250 SX=0 ;SY=0 ;XY=0 ;YY=0
260 FOR J3=0 TO (J-1)
270 SX=SX+C(J3)
275 SY=SY+LOG(D(N1, J3))
280 XX=XX+C(J3)*C(J3)
285 YY=YY+LOG(D(N1, J3))*LOG(D(N1, J3))
290 XY=XY+C(J3)*LOG(D(N1, J3))
300 NEXT J3
310 B=(XY-SX*SY/J)/(XX-SX*SX/J)
320 A=(SY-B*SX)/J
330 R1=XY*J-SX*SY

```

```

340 R2=(XXXJ-SXXSX)X(YYXJ-SYXSY)
350 R=R1/SQR(R2)
351 SR=BX(XY-SXXSY/J)
352 SE=(YY-SYXSY/J)-SR
353 ME=SE/(J-2)
354 F3=SR/ME
355 S1=(1/J+((SX/J)^2)/(XX-SXXSX/J))XME
356 SA=SQR(S1)
357 S2=ME/(XX-SXXSX/J)
358 SB=SQR(S2)
359 TA=A/SA
360 TB=B/SB
361 B1=B+T1XSB;B2=B-T1XSB
362 B3=B+T2XSB;B4=B-T2XSB
370 IF R1<0 THEN GOTO450
400 TR=RXSQR(J-2)/SQR(1-R^2)
410 GOTO500
450 TR=-1XRXSQR(J-2)/SQR(1-R^2)
500 B=INT(BX10000+.5)/10000
510 A=INT(AX10000+.5)/10000
520 R=INT(RX10000+.5)/10000
650 V2=(2.7183^A)/V1
660 K=-B
670 V2=INT(V2X10000+.5)/10000
680 F3=INT(F3X10000+.5)/10000
690 TA=INT(TAX10000+.5)/10000
700 TB=INT(TBX10000+.5)/10000
710 TR=INT(TRX10000+.5)/10000
720 B1=INT(B1X10000+.5)/10000
730 B2=INT(B2X10000+.5)/10000
740 B3=INT(B3X10000+.5)/10000
750 B4=INT(B4X10000+.5)/10000
760 LPRINT"—Formula of growth curve—"
770 LPRINT" Y=";V1;".(1-";V2;".e^-" ;K;".t)"
780 LPRINT"—Correlation coefficient—"
790 LPRINT" r=";R1; " tr=";TR
800 IF TR>T1 THEN LPRINT " " X5%;IF TR>T2 THEN LPRINT"
810 IF TR<T1 THEN LPRINT" " NS"
820 LPRINT"F=";F3;"Ta=";TA;"Tb=";TB
830 IF F3>F1 THEN LPRINT"Regression effect(X5%";IF F3>F2 THEN LPRINT"
XX1%"
840 IF F3<F1 THEN LPRINT"Regression effect NS"
850 IF TA>T1 THEN LPRINT"a=";A1;"X5%";IF TA>T2 THEN LPRINT" XX1%"
860 IF TA<T1 THEN LPRINT"a=";A1;"NS"
870 IF TB>T1 THEN LPRINT"b=";B1;"X5%";IF TB>T2 THEN LPRINT" XX1%"
880 IF TB<T1 THEN LPRINT"b=";B1;"NS"
890 LPRINT"Confidence range(95%)" ;B2;"—" ;B1
900 LPRINT" (99%)" ;B4;"—" ;B3
1000 NEXT N1
1010 END

```

```

10 PRINT "*" ; PRINT
20 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
30 PRINT "XX Multiple regression XX"
40 PRINT "XX Analysis(2-dimensional)XX"
50 PRINT "XX (Y=B0+B1X1+B2X2) XX"
60 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
70 INPUT " How many (X1) " ; J1
72 INPUT " How many (X2) " ; J2
76 INPUT " How many (Y) " ; K1
80 INPUT " F value(P=0.05 ; 2, n-3) " ; F1
90 INPUT " F value(P=0.01 ; 2, n-3) " ; F2
100 DIM C(J1-1) ; DIM D((J2-1), (J1-1)) ; DIM G((K1-1), (J1-1))
110 FOR L1=0 TO (J1-1)
120 PRINT " NO, " ; J1+1 ;
130 INPUT "=" ; C(L1)
140 NEXT L1
150 PRINT TAB(3) "OK? (Y or N)"
160 INPUT $
170 IF $="Y" THEN 210
180 ERASE C
190 DIM C(J1-1)
200 GOTO 110
210 FOR I1=0 TO (J2-1)
224 FOR I2=0 TO (J1-1)
226 PRINT " NO, " ; J2+1 ;
230 INPUT "=" ; D(I1, I2)
240 NEXT I2
250 PRINT TAB(3) "OK? (Y or N)"
260 INPUT $
270 IF $="Y" THEN 420
280 ERASE D
300 DIM D((J2-1), (J1-1))
310 GOTO 210
420 FOR O1=0 TO (K1-1)
440 FOR O2=0 TO (J1-1)
450 PRINT " NO, " ; J2+1 ;
460 INPUT "=" ; G(O1, O2)
470 NEXT O2
480 PRINT TAB(3) "OK? (Y or N)"
490 INPUT $
500 IF $="Y" THEN 540
510 ERASE G
520 DIM G((K1-1), (J1-1))
530 GOTO 420
540 S1=0 ; S2=0 ; SY=0
550 X1=0 ; X2=0 ; X4=0
560 Y1=0 ; Y2=0 ; YY=0
570 FOR H1=0 TO (J1-1)
580 S1=S1+C(H1) ; S2=S2+D(H1, H1) ; SY=SY+G(O1, H1)
590 X1=X1+C(H1) ; X2=X2+C(H1) ; X4=X4+D(H1, H1)
600 X4=X4+D(H1, H1) ; X2=X2+D(H1, H1)
610 Y1=Y1+C(H1) ; Y2=Y2+D(H1, H1) ; YY=YY+G(O1, H1)
620 YY=YY+G(O1, H1) ; X4=X4+D(H1, H1)
630 P1=X1-S1 ; P2=X2-S1 ; P4=X4-S1 ; Q1=Y1-SY ; Q2=Y2-SY ; QY=YY-SY
640 P4=P4-S1 ; QY=QY-SY
655 NEXT H1
660 A=P1XP4-P2XP2

```

```

670 B1=(P4XQ1-P2XQ2)/A
680 B2=(P1XQ2-P2XQ1)/A
720 B0=(SY-B1XS1-B2XS2)/J1
721 B1=INT(B1X10000+.5)/10000
722 B2=INT(B2X10000+.5)/10000
724 B0=INT(B0X10000+.5)/10000
730 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
740 LPRINT"XXXX Regression formula XXXX"
750 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
760 LPRINT"Y=";B0;"+";B1;"X1+";B2;"X2"
770 SR=B1XQ1+B2XQ2
780 SE=QY-SR
790 MR=SR/2
800 ME=SE/(J1-3)
810 F=MR/ME
820 IF F>F1 THEN LPRINT"Significant at 5%"
830 IF F>F2 THEN LPRINT"Significant at 1%"
840 IF F<F1 THEN LPRINT"No significance"
850 RR=SR/QY
860 R=SGR(RR)
865 FR=((J1-3)XRR)/(2X(1-RR))
866 LPRINT"Determinant Coefficient      r^2      =";RR
867 LPRINT"Multiple Correlation Coefficient Y vs.y^=";R
870 IF FR>F1 THEN LPRINT"Significant at 5%"
880 IF FR>F2 THEN LPRINT"Significant at 1%"
890 IF FR<F1 THEN LPRINT"No significance"
900 END

```

```

10 PRINT "A" ;PRINT
20 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
30 PRINT "XX Multiple regression XX"
40 PRINT "XX analysis(3-dimensional)XX"
50 PRINT "XX (Y=B0+B1X1+B2X2+B3X3) XX"
60 PRINT "XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
70 INPUT " How many (X1) " ;J1
72 INPUT " How many (X2) " ;J2
74 INPUT " How many (X3) " ;J3
76 INPUT " How many (Y) " ;K1
80 INPUT " F value(P=0.05;3,n-4) " ;F1
90 INPUT " F value(P=0.01;3,n-4) " ;F2
100 DIM C(J1-1) ;DIM D((J2-1),(J1-1)) ;DIM E((J3-1),(J1-1)) ;DIM G((K1-1),(J1-1))
110 FOR L1=0 TO (J1-1)
120 PRINT " NO," ;L1+1;
130 INPUT "=" ;C(L1)
140 NEXT L1
150 PRINTTAB(3) "OK? (Y or N)"
160 INPUT Q#
170 IF Q#="Y" THEN 210
180 ERASE C
190 DIM C(J1-1)
200 GOTO 110
210 FOR H1=0 TO (J2-1)
220 FOR H2=0 TO (J1-1)
226 PRINT " NO," ;H2+1;
230 INPUT "=" ;D(H1,H2)
240 NEXT H2
250 PRINTTAB(3) "OK? (Y or N)"
260 INPUT P#
270 IF P#="Y" THEN 320
280 ERASE D
300 DIM D((J2-1),(J1-1))
310 GOTO 210
320 FOR H1=0 TO (J3-1)
330 FOR H2=0 TO (J1-1)
336 PRINT " NO," ;H2+1;
340 INPUT "=" ;E(H1,H2)
350 NEXT H2
360 PRINTTAB(3) "OK? (Y or N)"
370 INPUT R#
380 IF R#="Y" THEN 420
390 ERASE E
400 DIM E((J3-1),(J1-1))
410 GOTO 320
420 FOR O1=0 TO (K1-1)
440 FOR O2=0 TO (J1-1)
450 PRINT " NO," ;O2+1;
460 INPUT "=" ;G(O1,O2)
470 NEXT O2
480 PRINTTAB(3) "OK? (Y or N)"
490 INPUT R#
500 IF R#="Y" THEN 540
510 ERASE G
520 DIM G((K1-1),(J1-1))
530 GOTO 420
540 S1=0 ;S2=0 ;S3=0 ;SY=0
550 X1=0 ;X2=0 ;X3=0 ;X4=0 ;X5=0 ;X6=0
560 Y1=0 ;Y2=0 ;Y3=0 ;YY=0
570 FOR H1=0 TO (J1-1)
580 S1=S1+C(H1) ;S2=S2+D(N1,H1) ;S3=S3+E(H1,H1) ;SY=SY+G(O1,H1)
590 X1=X1+C(H1)*C(H1) ;X2=X2+C(H1)*D(N1,H1) ;X3=X3+C(H1)*E(H1,H1)
600 X4=X4+D(N1,H1)*D(N1,H1) ;X5=X5+D(H1,H1)*E(H1,H1) ;X6=X6+E(H1,H1)*E(H1,H1)
610 Y1=Y1+C(H1)*G(O1,H1) ;Y2=Y2+D(N1,H1)*G(O1,H1) ;Y3=Y3+E(H1,H1)*G(O1,H1)
620 YY=YY+G(O1,H1)*G(O1,H1)
630 P1=X1-S1*X1/J1 ;P2=X2-S1*X2/J1 ;P3=X3-S1*X3/J1
640 P4=X4-S2*X2/J1 ;P5=X5-S2*X3/J1 ;P6=X6-S3*X3/J1
650 Q1=Y1-S1*SY/J1 ;Q2=Y2-S2*SY/J1 ;Q3=Y3-S3*SY/J1 ;QY=YY-SY*SY/J1

```

```

655 NEXT I1
660 A=P3XP2XP5+P5XP2XP3+P6XP4XP1-P1XP5XP5-P2XP2XP6-P3XP4XP3
670 A1=P4XP6-P5XP5;A2=P3XP5-P6XP2;A3=P2XP5-P3XP4;A4=P3XP5-P2XP6;A5=P1XP6-P3XP3
680 A6=P2XP3-P1XP5;A7=P2XP5-P3XP4;A8=P2XP3-P1XP5;A9=P1XP4-P2XP2
690 B1=(A1XQ1+A4XQ2+A7XQ3)/A
700 B2=(A2XQ1+A5XQ2+A8XQ3)/A
710 B3=(A3XQ1+A6XQ2+A9XQ3)/A
720 B0=(SY-B1XS1-B2XS2-B3XS3)/J1
721 B1=INT(B1X10000+.5)/10000
722 B2=INT(B2X10000+.5)/10000
723 B3=INT(B3X10000+.5)/10000
724 B0=INT(B0X10000+.5)/10000
730 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
740 LPRINT"XXXX Regression formula XXXX"
750 LPRINT"XXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXXX"
760 LPRINT" Y=";B0;"+";B1;"X1+";B2;"X2+";B3;"X3"
770 SR=B1XQ1+B2XQ2+B3XQ3
780 SE=QY-SR
790 MR=SR/3
800 ME=SE/(J1-4)
810 F=MR/ME
820 IF F>F1 THEN LPRINT"Significant at 5%"
830 IF F>F2 THEN LPRINT"Significant at 1%"
840 IF F<F1 THEN LPRINT"No significance"
850 RR=SR/QY
860 R=SQR(RR)
865 FR=((J1-4)*RR)/(3X(1-RR))
866 LPRINT"Determinant Coefficient      r^2      =" ;RR
867 LPRINT"Multiple Correlation Coefficient;Y vs.y'=" ;FR
870 IF FR>F1 THEN LPRINT"Significant at 5%"
880 IF FR>F2 THEN LPRINT"Significant at 1%"
890 IF FR<F1 THEN LPRINT"No significance"
900 END

```

Table 1. t-table

f	α	.250	.200	.150	.100	.050	.025	.010	.005	.0005
	$\frac{\alpha}{2}$	(.500)	(.400)	(.300)	(.200)	(.100)	(.050)	(.020)	(.010)	(.0010)
1		1.000	1.318	1.963	3.078	6.314	12.708	31.021	63.657	128.619
2		.818	1.001	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.599
3		.705	.916	1.250	1.638	2.353	3.102	4.541	5.841	12.924
4		.641	.841	1.190	1.533	2.132	2.710	3.747	4.604	8.610
5		.600	.800	1.150	1.476	2.016	2.611	3.366	4.032	6.809
6		.570	.770	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7		.550	.750	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.408
8		.538	.738	1.108	1.397	1.860	2.308	2.896	3.355	5.041
9		.530	.730	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10		.525	.725	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.567
11		.520	.720	1.088	1.363	1.798	2.201	2.718	3.100	4.431
12		.518	.718	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.310
13		.516	.716	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14		.515	.715	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.971	4.140
15		.514	.714	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16		.513	.713	1.072	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17		.512	.712	1.070	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18		.511	.711	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19		.510	.710	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20		.510	.710	1.064	1.326	1.725	2.088	2.528	2.846	3.850
21		.509	.709	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22		.509	.709	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23		.508	.708	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.768
24		.508	.708	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25		.508	.708	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26		.507	.707	1.057	1.315	1.706	2.058	2.479	2.779	3.707
27		.507	.707	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28		.507	.707	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29		.506	.706	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.758	3.659
30		.506	.706	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
31		.506	.706	1.054	1.309	1.696	2.040	2.453	2.744	3.633
32		.505	.705	1.054	1.308	1.694	2.037	2.449	2.738	3.622
33		.505	.705	1.053	1.308	1.692	2.035	2.445	2.733	3.611
34		.505	.705	1.052	1.307	1.691	2.032	2.441	2.728	3.601
35		.505	.705	1.052	1.306	1.690	2.030	2.438	2.724	3.591
36		.504	.704	1.052	1.305	1.688	2.028	2.434	2.719	3.582
37		.504	.704	1.051	1.305	1.687	2.026	2.431	2.715	3.574
38		.504	.704	1.051	1.304	1.686	2.024	2.429	2.712	3.566
39		.504	.704	1.050	1.304	1.685	2.023	2.426	2.708	3.558
40		.504	.704	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
41		.503	.703	1.050	1.303	1.683	2.020	2.421	2.701	3.544
42		.503	.703	1.049	1.302	1.682	2.018	2.418	2.698	3.538
43		.503	.703	1.049	1.302	1.681	2.017	2.416	2.695	3.532
44		.503	.703	1.049	1.301	1.680	2.015	2.414	2.692	3.526
45		.503	.703	1.049	1.301	1.679	2.014	2.412	2.690	3.520
46		.502	.702	1.048	1.300	1.679	2.013	2.410	2.687	3.515
47		.502	.702	1.048	1.300	1.678	2.012	2.408	2.685	3.510
48		.502	.702	1.048	1.299	1.677	2.011	2.407	2.682	3.505
49		.502	.702	1.048	1.299	1.677	2.010	2.405	2.680	3.500
50		.502	.702	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	3.496
60		.499	.700	1.045	1.298	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
80		.497	.698	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	3.418
120		.495	.696	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
240		.493	.694	1.039	1.285	1.651	1.970	2.342	2.590	3.337
∞		.492	.693	1.038	1.282	1.645	1.960	2.328	2.578	3.291

Table 2. F-table (P<0.05)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	101.448	199.600	215.707	224.693	230.102	233.900	236.768	238.883	240.543
2	19.613	19.000	19.164	19.247	19.299	19.330	19.353	19.371	19.386
3	10.128	9.852	9.777	9.711	9.613	9.541	9.487	9.445	9.412
4	7.709	6.944	6.591	6.308	6.250	6.103	6.094	6.041	5.999
5	6.008	5.188	5.409	6.192	6.050	4.950	4.816	4.810	4.772
6	5.907	5.143	4.757	4.534	4.307	4.204	4.201	4.147	4.099
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.912	3.800	3.781	3.720	3.677
8	5.318	4.459	4.060	3.838	3.667	3.561	3.500	3.438	3.388
9	5.117	4.250	3.853	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179
10	4.905	4.103	3.708	3.470	3.320	3.217	3.135	3.072	3.020
11	4.844	3.902	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.890
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.990	2.913	2.849	2.790
13	4.607	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714
14	4.500	3.739	3.344	3.112	2.958	2.840	2.764	2.699	2.646
15	4.543	3.682	3.287	3.050	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588
16	4.494	3.634	3.239	3.001	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538
17	4.451	3.592	3.197	2.905	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494
18	4.414	3.555	3.160	2.878	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423
20	4.351	3.483	3.098	2.860	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393
21	4.325	3.407	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366
22	4.307	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342
23	4.279	3.422	3.020	2.796	2.640	2.520	2.432	2.365	2.320
24	4.200	3.403	3.009	2.770	2.621	2.500	2.423	2.355	2.300
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.406	2.337	2.282
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250
28	4.198	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.230
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.279	2.223
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211
31	4.160	3.305	2.911	2.679	2.523	2.409	2.323	2.255	2.199
32	4.149	3.295	2.901	2.668	2.512	2.399	2.313	2.244	2.189
33	4.139	3.285	2.892	2.659	2.503	2.389	2.303	2.235	2.179
34	4.130	3.276	2.883	2.650	2.494	2.380	2.294	2.225	2.170
35	4.121	3.267	2.874	2.641	2.485	2.372	2.285	2.217	2.161
36	4.113	3.259	2.866	2.634	2.477	2.364	2.277	2.209	2.153
37	4.105	3.252	2.859	2.628	2.470	2.356	2.270	2.201	2.145
38	4.098	3.245	2.852	2.619	2.463	2.349	2.262	2.194	2.138
39	4.091	3.238	2.845	2.612	2.456	2.342	2.255	2.187	2.131
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124
41	4.079	3.220	2.833	2.600	2.443	2.330	2.243	2.174	2.118
42	4.073	3.220	2.827	2.594	2.438	2.324	2.237	2.168	2.112
43	4.067	3.214	2.822	2.589	2.432	2.318	2.232	2.163	2.106
44	4.062	3.209	2.818	2.584	2.427	2.313	2.226	2.157	2.101
45	4.067	3.204	2.812	2.579	2.422	2.308	2.221	2.152	2.096
46	4.052	3.200	2.807	2.574	2.417	2.304	2.216	2.147	2.091
47	4.047	3.195	2.802	2.570	2.413	2.299	2.212	2.143	2.086
48	4.043	3.191	2.798	2.665	2.409	2.295	2.207	2.138	2.082
49	4.038	3.187	2.794	2.561	2.404	2.290	2.203	2.134	2.077
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999
120	3.920	3.072	2.680	2.447	2.290	2.175	2.087	2.017	1.959
240	3.800	3.033	2.642	2.409	2.252	2.136	2.048	1.977	1.919
∞	3.841	2.998	2.605	2.372	2.214	2.099	2.010	1.938	1.880

Table 3. F-table ($P < 0.05$) (continue)

$f_1 \backslash f_2$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	241.882	243.908	245.950	248.013	249.052	250.095	251.143	252.198	253.253	254.314
2	19.390	19.413	19.429	19.440	19.454	19.462	19.471	19.479	19.487	19.496
3	8.780	8.745	8.703	8.660	8.639	8.617	8.594	8.572	8.549	8.526
4	5.904	5.912	5.858	5.803	5.774	5.740	5.711	5.680	5.650	5.628
5	4.735	4.818	4.819	4.558	4.527	4.490	4.464	4.431	4.398	4.365
6	4.000	4.000	3.936	3.874	3.841	3.808	3.774	3.740	3.705	3.669
7	3.637	3.675	3.611	3.445	3.410	3.378	3.340	3.304	3.267	3.230
8	3.347	3.284	3.218	3.150	3.115	3.079	3.043	3.005	2.967	2.928
9	3.137	3.073	3.006	2.936	2.900	2.864	2.820	2.781	2.748	2.707
10	2.878	2.813	2.845	2.774	2.737	2.700	2.661	2.621	2.580	2.539
11	2.654	2.708	2.719	2.646	2.609	2.570	2.531	2.490	2.448	2.404
12	2.753	2.687	2.617	2.544	2.505	2.466	2.426	2.384	2.341	2.299
13	2.671	2.604	2.533	2.459	2.420	2.380	2.339	2.297	2.252	2.206
14	2.602	2.534	2.463	2.388	2.349	2.308	2.266	2.223	2.178	2.131
15	2.544	2.475	2.403	2.328	2.288	2.247	2.204	2.160	2.114	2.066
16	2.494	2.425	2.352	2.276	2.235	2.194	2.151	2.108	2.059	2.010
17	2.450	2.381	2.308	2.230	2.190	2.148	2.104	2.058	2.011	1.960
18	2.412	2.342	2.269	2.191	2.150	2.107	2.063	2.017	1.968	1.917
19	2.378	2.308	2.234	2.155	2.114	2.071	2.026	1.980	1.930	1.878
20	2.348	2.278	2.203	2.124	2.082	2.039	1.994	1.948	1.896	1.843
21	2.321	2.250	2.175	2.096	2.054	2.010	1.965	1.919	1.866	1.812
22	2.297	2.226	2.151	2.071	2.028	1.984	1.938	1.889	1.838	1.783
23	2.275	2.204	2.129	2.049	2.005	1.961	1.914	1.865	1.813	1.757
24	2.255	2.183	2.108	2.027	1.984	1.939	1.892	1.842	1.790	1.733
25	2.238	2.165	2.089	2.007	1.964	1.919	1.872	1.822	1.768	1.711
26	2.220	2.148	2.072	1.990	1.946	1.901	1.853	1.803	1.749	1.691
27	2.204	2.132	2.056	1.974	1.930	1.884	1.836	1.785	1.731	1.672
28	2.190	2.118	2.041	1.959	1.915	1.869	1.820	1.769	1.714	1.654
29	2.177	2.104	2.027	1.945	1.901	1.854	1.806	1.754	1.699	1.638
30	2.165	2.092	2.015	1.932	1.887	1.841	1.792	1.740	1.683	1.622
31	2.153	2.080	2.003	1.920	1.875	1.828	1.779	1.726	1.670	1.608
32	2.142	2.070	1.992	1.908	1.864	1.817	1.767	1.714	1.657	1.594
33	2.133	2.060	1.982	1.898	1.853	1.806	1.756	1.702	1.645	1.581
34	2.123	2.050	1.972	1.888	1.843	1.795	1.745	1.691	1.633	1.569
35	2.114	2.041	1.963	1.878	1.833	1.786	1.735	1.681	1.623	1.558
36	2.106	2.033	1.954	1.870	1.824	1.776	1.726	1.671	1.612	1.547
37	2.098	2.025	1.946	1.861	1.816	1.768	1.717	1.662	1.603	1.537
38	2.091	2.017	1.938	1.853	1.808	1.760	1.708	1.653	1.594	1.527
39	2.084	2.010	1.931	1.846	1.800	1.752	1.700	1.645	1.585	1.518
40	2.077	2.003	1.924	1.839	1.793	1.744	1.693	1.637	1.577	1.509
41	2.071	1.997	1.918	1.832	1.786	1.737	1.686	1.630	1.569	1.500
42	2.065	1.991	1.912	1.826	1.780	1.731	1.679	1.623	1.561	1.492
43	2.059	1.985	1.906	1.820	1.773	1.724	1.672	1.616	1.554	1.485
44	2.054	1.980	1.900	1.814	1.767	1.718	1.666	1.609	1.547	1.477
45	2.049	1.974	1.895	1.808	1.762	1.713	1.660	1.603	1.541	1.470
46	2.044	1.969	1.890	1.803	1.756	1.707	1.654	1.597	1.534	1.463
47	2.039	1.965	1.885	1.798	1.751	1.702	1.649	1.591	1.528	1.457
48	2.035	1.960	1.880	1.793	1.746	1.697	1.644	1.586	1.522	1.450
49	2.030	1.955	1.875	1.788	1.741	1.692	1.639	1.581	1.517	1.444
50	2.026	1.952	1.871	1.784	1.737	1.687	1.634	1.576	1.511	1.438
60	1.993	1.917	1.830	1.748	1.700	1.649	1.594	1.534	1.467	1.399
80	1.951	1.875	1.793	1.703	1.654	1.602	1.545	1.482	1.411	1.325
120	1.910	1.834	1.750	1.659	1.608	1.554	1.495	1.429	1.352	1.254
240	1.870	1.793	1.708	1.614	1.563	1.507	1.445	1.375	1.290	1.170
∞	1.831	1.752	1.666	1.571	1.517	1.459	1.394	1.318	1.221	1.000

Table 4. F-table ($P < 0.025$)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	047.709	799.500	804.103	899.583	021.848	037.111	040.217	950.050	003.285
2	38.600	39.000	39.105	39.240	39.298	39.331	39.355	39.373	39.387
3	17.443	18.044	18.439	18.101	14.805	14.735	14.824	14.540	14.473
4	12.218	10.849	9.979	9.005	9.384	9.197	9.074	8.980	8.905
5	10.007	8.434	7.784	7.308	7.140	6.978	6.863	6.767	6.681
6	8.813	7.280	6.599	6.227	6.060	5.900	5.795	5.700	5.523
7	8.073	6.542	5.860	5.523	5.285	5.119	4.995	4.899	4.823
8	7.571	6.059	5.410	5.053	4.811	4.652	4.529	4.433	4.357
9	7.209	5.715	5.070	4.710	4.484	4.320	4.197	4.102	4.020
10	6.937	5.450	4.828	4.468	4.238	4.072	3.950	3.855	3.770
11	6.724	5.250	4.630	4.275	4.044	3.881	3.759	3.664	3.588
12	6.554	5.090	4.474	4.121	3.891	3.728	3.607	3.512	3.436
13	6.414	4.955	4.341	3.988	3.757	3.594	3.473	3.378	3.302
14	6.298	4.857	4.242	3.892	3.663	3.501	3.380	3.285	3.209
15	6.200	4.785	4.153	3.804	3.570	3.415	3.293	3.198	3.123
16	6.115	4.687	4.077	3.729	3.502	3.341	3.219	3.125	3.049
17	6.042	4.619	4.011	3.685	3.438	3.277	3.156	3.061	2.985
18	5.978	4.560	3.954	3.608	3.382	3.221	3.100	3.005	2.929
19	5.922	4.500	3.903	3.559	3.333	3.172	3.051	2.956	2.880
20	5.871	4.461	3.859	3.515	3.289	3.128	3.007	2.913	2.837
21	5.827	4.420	3.819	3.475	3.250	3.090	2.969	2.874	2.798
22	5.788	4.383	3.783	3.440	3.215	3.055	2.934	2.839	2.763
23	5.750	4.349	3.750	3.408	3.183	3.023	2.902	2.808	2.731
24	5.717	4.319	3.721	3.379	3.155	2.995	2.874	2.779	2.703
25	5.688	4.291	3.694	3.353	3.129	2.968	2.848	2.753	2.677
26	5.659	4.265	3.670	3.329	3.105	2.945	2.824	2.729	2.653
27	5.633	4.242	3.647	3.307	3.083	2.923	2.802	2.707	2.631
28	5.610	4.221	3.626	3.288	3.063	2.903	2.782	2.687	2.611
29	5.588	4.201	3.607	3.267	3.044	2.884	2.763	2.668	2.592
30	5.568	4.182	3.588	3.250	3.028	2.867	2.746	2.651	2.575
31	5.549	4.165	3.573	3.234	3.010	2.851	2.730	2.635	2.559
32	5.531	4.149	3.557	3.218	2.995	2.836	2.715	2.620	2.543
33	5.515	4.134	3.543	3.204	2.981	2.822	2.701	2.606	2.529
34	5.499	4.120	3.529	3.191	2.968	2.808	2.688	2.593	2.516
35	5.485	4.100	3.517	3.179	2.956	2.798	2.678	2.583	2.506
36	5.471	4.094	3.505	3.167	2.944	2.785	2.664	2.569	2.492
37	5.458	4.082	3.493	3.158	2.933	2.774	2.653	2.558	2.481
38	5.446	4.071	3.483	3.145	2.923	2.763	2.643	2.548	2.471
39	5.435	4.061	3.473	3.135	2.913	2.754	2.633	2.538	2.461
40	5.424	4.051	3.463	3.126	2.904	2.744	2.624	2.529	2.452
41	5.414	4.042	3.454	3.117	2.895	2.736	2.615	2.520	2.443
42	5.404	4.033	3.446	3.109	2.887	2.727	2.607	2.512	2.435
43	5.395	4.024	3.438	3.101	2.879	2.719	2.599	2.504	2.427
44	5.386	4.016	3.430	3.093	2.871	2.712	2.591	2.496	2.419
45	5.377	4.009	3.422	3.086	2.864	2.705	2.584	2.489	2.412
46	5.369	4.001	3.415	3.079	2.857	2.698	2.577	2.482	2.405
47	5.361	3.994	3.409	3.073	2.851	2.691	2.571	2.476	2.399
48	5.354	3.987	3.402	3.066	2.844	2.685	2.565	2.470	2.393
49	5.347	3.981	3.396	3.060	2.838	2.679	2.559	2.464	2.387
50	5.340	3.975	3.390	3.054	2.833	2.674	2.553	2.458	2.381
60	5.286	3.925	3.343	3.008	2.780	2.627	2.507	2.412	2.334
80	5.218	3.864	3.284	2.950	2.730	2.571	2.450	2.355	2.277
120	5.152	3.805	3.227	2.894	2.674	2.515	2.395	2.299	2.222
240	5.088	3.746	3.171	2.839	2.620	2.461	2.341	2.245	2.167
∞	5.024	3.689	3.118	2.780	2.567	2.408	2.288	2.192	2.114

Table 5. F-table ($P < 0.025$) (continue)

$\frac{S_1}{S_2}$	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞
1	998.627	970.700	904.807	893.103	897.249	1001.414	1005.590	1009.000	1014.020	1018.250
2	39.398	39.415	39.431	39.448	39.456	39.465	39.473	39.481	39.490	39.498
3	14.419	14.337	14.253	14.167	14.124	14.081	14.037	13.992	13.947	13.902
4	8.844	8.751	8.657	8.560	8.511	8.461	8.411	8.360	8.309	8.257
5	6.819	6.725	6.628	6.529	6.470	6.427	6.376	6.323	6.269	6.216
6	5.401	5.360	5.269	5.160	5.117	5.065	5.012	4.959	4.904	4.849
7	4.781	4.660	4.568	4.467	4.415	4.362	4.309	4.254	4.199	4.142
8	4.295	4.200	4.101	3.999	3.947	3.894	3.840	3.784	3.728	3.670
9	3.964	3.868	3.769	3.667	3.614	3.560	3.505	3.449	3.392	3.333
10	3.717	3.621	3.522	3.419	3.365	3.311	3.255	3.198	3.140	3.080
11	3.520	3.430	3.330	3.220	3.173	3.118	3.061	3.004	2.944	2.883
12	3.374	3.277	3.177	3.073	3.019	2.963	2.906	2.848	2.787	2.725
13	3.250	3.153	3.053	2.940	2.893	2.837	2.780	2.720	2.659	2.595
14	3.147	3.050	2.949	2.844	2.797	2.732	2.674	2.614	2.552	2.487
15	3.060	2.963	2.862	2.756	2.701	2.644	2.585	2.524	2.461	2.395
16	2.988	2.889	2.788	2.681	2.625	2.568	2.509	2.447	2.383	2.316
17	2.922	2.825	2.723	2.616	2.560	2.502	2.442	2.380	2.315	2.247
18	2.860	2.760	2.657	2.550	2.503	2.445	2.384	2.321	2.256	2.187
19	2.811	2.710	2.607	2.500	2.452	2.394	2.333	2.270	2.203	2.133
20	2.774	2.673	2.570	2.464	2.408	2.349	2.287	2.223	2.156	2.085
21	2.735	2.633	2.531	2.425	2.368	2.308	2.246	2.182	2.114	2.042
22	2.700	2.602	2.499	2.393	2.336	2.272	2.210	2.145	2.078	1.999
23	2.668	2.570	2.466	2.359	2.299	2.239	2.176	2.111	2.041	1.968
24	2.640	2.541	2.437	2.331	2.269	2.209	2.146	2.080	2.010	1.935
25	2.613	2.515	2.411	2.305	2.242	2.182	2.118	2.052	1.981	1.906
26	2.590	2.491	2.387	2.280	2.217	2.157	2.093	2.026	1.954	1.878
27	2.568	2.469	2.364	2.257	2.195	2.133	2.069	2.002	1.930	1.853
28	2.547	2.448	2.343	2.236	2.174	2.112	2.048	1.980	1.907	1.829
29	2.529	2.430	2.325	2.218	2.154	2.092	2.028	1.959	1.886	1.807
30	2.511	2.412	2.307	2.199	2.136	2.074	2.009	1.940	1.866	1.787
31	2.495	2.396	2.291	2.183	2.119	2.057	1.991	1.922	1.848	1.768
32	2.480	2.381	2.275	2.167	2.103	2.041	1.975	1.905	1.831	1.750
33	2.466	2.366	2.261	2.153	2.089	2.026	1.960	1.890	1.815	1.733
34	2.453	2.353	2.248	2.139	2.075	2.012	1.946	1.875	1.799	1.717
35	2.440	2.341	2.235	2.127	2.062	1.999	1.932	1.861	1.785	1.702
36	2.429	2.329	2.223	2.115	2.049	1.986	1.919	1.848	1.772	1.687
37	2.418	2.318	2.212	2.099	2.033	1.970	1.902	1.830	1.753	1.667
38	2.407	2.307	2.201	2.088	2.022	1.959	1.891	1.818	1.741	1.654
39	2.397	2.297	2.191	2.077	2.011	1.948	1.880	1.807	1.729	1.642
40	2.388	2.288	2.182	2.068	2.002	1.939	1.871	1.803	1.724	1.637
41	2.379	2.279	2.173	2.059	1.993	1.930	1.862	1.793	1.714	1.627
42	2.371	2.271	2.164	2.050	1.984	1.921	1.853	1.784	1.704	1.617
43	2.363	2.263	2.156	2.042	1.976	1.913	1.845	1.776	1.695	1.608
44	2.355	2.255	2.149	2.034	1.968	1.905	1.837	1.768	1.687	1.599
45	2.348	2.248	2.141	2.027	1.961	1.898	1.830	1.761	1.680	1.592
46	2.341	2.241	2.134	2.019	1.953	1.890	1.822	1.753	1.672	1.584
47	2.335	2.234	2.127	2.012	1.946	1.883	1.815	1.746	1.665	1.577
48	2.329	2.228	2.121	2.006	1.940	1.877	1.809	1.740	1.659	1.571
49	2.323	2.222	2.115	1.999	1.933	1.870	1.802	1.733	1.652	1.564
50	2.317	2.216	2.109	1.993	1.927	1.864	1.796	1.727	1.646	1.558
60	2.270	2.169	2.061	1.944	1.878	1.815	1.747	1.678	1.597	1.509
80	2.213	2.111	2.003	1.884	1.818	1.752	1.684	1.615	1.534	1.446
120	2.157	2.055	1.945	1.825	1.759	1.692	1.624	1.555	1.474	1.386
240	2.102	1.999	1.888	1.768	1.700	1.632	1.564	1.495	1.414	1.326
(∞)	2.048	1.945	1.833	1.713	1.644	1.576	1.508	1.439	1.358	1.270

Table G. F-table ($P < 0.01$)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	4052.181	4999.500	6403.352	8871.593	5163.850	6258.986	8928.358	6961.010	8022.413
2	98.503	99.000	99.188	99.243	99.299	99.333	99.358	99.374	99.388
3	34.118	30.812	29.451	28.710	28.237	27.911	27.642	27.489	27.345
4	21.998	18.000	18.894	18.917	18.972	18.972	18.970	18.970	18.970
5	16.258	13.274	12.080	11.392	10.867	10.672	10.458	10.289	10.158
6	13.145	10.925	9.780	9.116	8.488	8.100	7.780	7.502	7.268
7	12.246	9.541	8.451	7.847	7.400	7.191	6.993	6.840	6.719
8	11.259	8.619	7.591	7.008	6.631	6.411	6.218	6.029	5.911
9	10.681	8.022	6.992	6.422	6.057	5.802	5.613	5.481	5.351
10	10.044	7.659	6.652	6.094	5.758	5.488	5.290	5.157	5.042
11	9.648	7.208	6.211	5.668	5.316	5.009	4.800	4.711	4.622
12	9.330	6.927	5.953	5.412	5.064	4.811	4.640	4.499	4.388
13	9.071	6.701	5.739	5.203	4.852	4.610	4.441	4.302	4.191
14	8.882	6.515	5.561	5.025	4.675	4.458	4.278	4.140	4.030
15	8.693	6.359	5.417	4.883	4.558	4.318	4.142	4.004	3.895
16	8.531	6.228	5.292	4.753	4.431	4.202	4.028	3.890	3.780
17	8.400	6.112	5.185	4.659	4.338	4.102	3.927	3.791	3.682
18	8.285	6.013	5.092	4.579	4.258	4.015	3.841	3.705	3.597
19	8.183	5.928	5.010	4.500	4.171	3.929	3.755	3.621	3.513
20	8.096	5.840	4.938	4.431	4.103	3.861	3.689	3.554	3.447
21	8.011	5.760	4.864	4.369	4.042	3.812	3.640	3.508	3.398
22	7.945	5.719	4.817	4.311	3.988	3.758	3.587	3.453	3.348
23	7.881	5.681	4.785	4.264	3.939	3.710	3.539	3.400	3.299
24	7.823	5.644	4.758	4.218	3.895	3.667	3.498	3.353	3.250
25	7.770	5.598	4.715	4.171	3.855	3.627	3.457	3.314	3.217
26	7.721	5.528	4.637	4.140	3.818	3.591	3.421	3.288	3.182
27	7.671	5.488	4.601	4.108	3.785	3.558	3.388	3.258	3.149
28	7.638	5.453	4.568	4.074	3.751	3.528	3.358	3.228	3.120
29	7.598	5.420	4.538	4.045	3.725	3.499	3.330	3.198	3.092
30	7.562	5.390	4.510	4.018	3.699	3.473	3.304	3.173	3.067
31	7.530	5.362	4.484	3.993	3.675	3.449	3.281	3.149	3.043
32	7.499	5.336	4.459	3.969	3.652	3.427	3.258	3.127	3.021
33	7.471	5.312	4.437	3.948	3.630	3.408	3.238	3.108	3.002
34	7.444	5.289	4.416	3.927	3.611	3.386	3.218	3.087	2.981
35	7.419	5.268	4.398	3.908	3.592	3.368	3.200	3.069	2.963
36	7.398	5.248	4.377	3.890	3.574	3.351	3.183	3.052	2.946
37	7.373	5.229	4.358	3.873	3.558	3.334	3.167	3.038	2.930
38	7.353	5.211	4.343	3.858	3.542	3.319	3.152	3.021	2.915
39	7.333	5.194	4.327	3.843	3.528	3.305	3.137	3.008	2.901
40	7.314	5.179	4.313	3.828	3.514	3.291	3.124	2.995	2.888
41	7.298	5.163	4.299	3.815	3.501	3.278	3.111	2.980	2.875
42	7.280	5.149	4.285	3.802	3.488	3.268	3.099	2.968	2.863
43	7.264	5.138	4.273	3.790	3.476	3.254	3.087	2.951	2.851
44	7.248	5.123	4.261	3.778	3.465	3.243	3.076	2.946	2.840
45	7.234	5.110	4.249	3.767	3.454	3.232	3.068	2.935	2.830
46	7.220	5.099	4.238	3.757	3.444	3.222	3.058	2.925	2.820
47	7.207	5.087	4.228	3.747	3.434	3.212	3.048	2.918	2.811
48	7.194	5.077	4.218	3.737	3.425	3.204	3.037	2.907	2.802
49	7.182	5.068	4.208	3.728	3.416	3.195	3.028	2.898	2.793
50	7.171	5.057	4.199	3.720	3.408	3.188	3.020	2.890	2.785
60	7.077	4.977	4.128	3.819	3.339	3.119	2.953	2.823	2.718
80	6.983	4.881	4.038	3.583	3.255	3.038	2.871	2.742	2.637
120	6.851	4.787	3.949	3.480	3.171	2.958	2.792	2.663	2.559
240	6.742	4.695	3.864	3.399	3.094	2.879	2.714	2.588	2.482
∞	6.635	4.605	3.782	3.319	3.017	2.802	2.639	2.511	2.407

Table 7. F-table ($P < 0.01$) (continue)

$f_1 \backslash f_2$	10	11	16	20	24	30	40	60	120	∞
1	6055.847	6108.371	6187.285	6208.130	6234.631	6260.649	6288.282	6313.030	6369.391	6385.884
2	99.399	99.416	99.433	99.449	99.458	99.468	99.474	99.482	99.491	99.499
3	27.229	27.032	26.872	26.809	26.598	26.505	26.411	26.316	26.221	26.125
4	14.516	14.314	14.196	14.070	13.929	13.838	13.745	13.652	13.558	13.463
5	10.061	9.868	9.727	9.653	9.468	9.379	9.291	9.202	9.112	9.020
6	7.874	7.718	7.559	7.398	7.313	7.229	7.143	7.051	6.969	6.880
7	6.020	5.869	5.714	5.555	5.474	5.392	5.308	5.224	5.137	5.050
8	5.014	4.861	4.715	4.559	4.479	4.398	4.314	4.232	4.148	4.059
9	4.251	4.111	3.962	3.808	3.729	3.649	3.567	3.483	3.398	3.311
10	3.649	3.508	3.358	3.205	3.127	3.047	2.965	2.882	2.798	2.709
11	3.139	2.997	2.847	2.694	2.617	2.537	2.455	2.372	2.288	2.202
12	2.728	2.586	2.436	2.283	2.207	2.127	2.045	1.962	1.878	1.794
13	2.374	2.232	2.082	1.929	1.854	1.774	1.692	1.609	1.525	1.442
14	2.051	1.909	1.759	1.606	1.531	1.451	1.369	1.286	1.202	1.119
15	1.751	1.609	1.459	1.306	1.231	1.151	1.069	0.986	0.902	0.819
16	1.481	1.339	1.189	1.036	0.961	0.881	0.799	0.716	0.632	0.549
17	1.241	1.099	0.949	0.796	0.721	0.641	0.559	0.476	0.392	0.309
18	1.031	0.889	0.739	0.586	0.511	0.431	0.349	0.266	0.182	0.099
19	0.851	0.709	0.559	0.406	0.331	0.251	0.169	0.086	0.002	0.000
20	0.701	0.559	0.409	0.256	0.181	0.101	0.019	0.000	0.000	0.000
21	0.571	0.429	0.279	0.126	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.461	0.319	0.169	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.371	0.229	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.301	0.159	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.241	0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.191	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.151	0.019	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.121	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.091	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.051	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.041	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table B. F-table ($P < 0.005$)

$f_1 \backslash f_2$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10210.723	19999.500	21614.741	22499.583	23055.198	23437.111	23714.308	23923.406	24091.004	24224.181
2	190.501	199.000	199.188	199.250	199.300	199.333	199.357	199.375	199.388	199.400
3	55.557	49.199	44.401	40.195	35.392	30.836	26.434	22.128	17.897	13.686
4	31.333	26.184	21.759	17.195	12.456	7.915	3.672	1.357	21.139	20.901
5	22.785	18.314	14.630	10.658	6.940	3.513	1.700	0.861	13.712	13.618
6	18.835	14.544	10.917	7.078	3.881	1.977	1.0286	0.566	10.391	10.250
7	16.238	12.104	8.881	5.050	2.572	1.153	0.685	0.378	8.514	8.380
8	14.688	10.641	7.598	3.805	1.907	0.952	0.521	0.289	7.190	7.061
9	13.814	10.101	7.117	3.358	1.711	0.834	0.465	0.263	6.541	6.417
10	13.818	9.471	6.641	2.943	1.512	0.745	0.392	0.218	6.068	5.947
11	12.278	8.917	6.200	2.601	1.322	0.672	0.365	0.207	5.531	5.418
12	11.154	8.510	5.778	2.321	1.161	0.575	0.295	0.168	5.020	4.905
13	10.314	8.188	5.478	2.133	1.031	0.492	0.253	0.140	4.535	4.420
14	10.060	7.922	5.280	1.958	0.921	0.431	0.211	0.122	4.117	4.003
15	10.196	7.701	5.103	1.803	0.832	0.381	0.187	0.104	3.638	3.524
16	10.515	7.514	4.933	1.658	0.752	0.333	0.162	0.091	3.181	3.067
17	10.384	7.351	4.781	1.521	0.681	0.291	0.145	0.078	2.754	2.640
18	10.218	7.215	4.638	1.391	0.615	0.251	0.121	0.065	2.311	2.197
19	10.073	7.093	4.518	1.278	0.553	0.211	0.101	0.052	1.854	1.740
20	9.944	6.988	4.414	1.174	0.492	0.171	0.081	0.040	1.398	1.284
21	9.830	6.891	4.330	1.081	0.431	0.141	0.061	0.030	0.941	0.827
22	9.727	6.808	4.252	0.991	0.371	0.111	0.041	0.020	0.484	0.367
23	9.635	6.730	4.181	0.911	0.311	0.081	0.031	0.010	0.020	0.003
24	9.551	6.661	4.119	0.839	0.251	0.061	0.021	0.005	0.005	0.001
25	9.475	6.598	4.062	0.774	0.191	0.041	0.011	0.001	0.001	0.000
26	9.408	6.541	4.009	0.715	0.131	0.021	0.001	0.000	0.000	0.000
27	9.342	6.489	3.961	0.660	0.071	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000
28	9.284	6.440	3.917	0.608	0.041	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
29	9.230	6.398	3.878	0.559	0.021	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	9.180	6.355	3.839	0.513	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	9.133	6.317	3.804	0.469	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	9.090	6.281	3.771	0.425	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	9.050	6.248	3.741	0.381	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	9.012	6.218	3.713	0.338	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	8.978	6.188	3.686	0.294	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	8.943	6.161	3.662	0.251	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	8.912	6.135	3.638	0.208	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	8.881	6.111	3.618	0.165	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	8.854	6.088	3.595	0.122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	8.828	6.068	3.578	0.079	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	8.803	6.046	3.561	0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	8.779	6.027	3.540	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	8.757	6.008	3.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	8.735	5.991	3.507	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	8.715	5.977	3.492	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	8.695	5.958	3.477	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
47	8.677	5.943	3.464	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	8.659	5.929	3.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	8.642	5.915	3.438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	8.626	5.902	3.428	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60	8.495	5.795	3.329	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80	8.335	5.665	3.211	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120	8.179	5.539	3.071	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
240	8.027	5.477	2.987	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
∞	7.879	5.398	2.919	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Table 9. F-table ($P < 0.005$) (continue)

f_1	12	16	20	24	30	40	60	120	∞
1	24478.368	24830.205	24835.911	24939.565	25043.878	25148.153	25253.131	25358.573	25464.458
2	199.418	199.433	199.450	199.458	199.468	199.475	199.483	199.491	199.500
3	43.387	43.085	42.718	42.622	42.468	42.398	42.349	42.309	42.280
4	20.705	20.729	20.787	20.820	20.892	20.952	21.017	21.088	21.125
6	13.364	13.148	12.903	12.780	12.656	12.530	12.402	12.274	12.144
8	10.034	9.814	9.589	9.474	9.358	9.241	9.122	9.001	8.879
10	8.176	7.968	7.754	7.643	7.531	7.422	7.309	7.193	7.078
12	7.015	6.814	6.608	6.503	6.398	6.288	6.177	6.065	5.951
14	6.227	6.032	5.832	5.729	5.623	5.519	5.410	5.300	5.188
16	5.681	5.491	5.294	5.193	5.091	4.988	4.889	4.789	4.689
18	5.230	5.049	4.855	4.758	4.654	4.551	4.445	4.337	4.228
20	4.806	4.621	4.430	4.331	4.228	4.128	4.023	3.915	3.806
22	4.443	4.260	4.070	3.971	3.870	3.770	3.668	3.568	3.467
24	4.128	3.947	3.759	3.662	3.562	3.460	3.355	3.257	3.158
26	3.850	3.670	3.483	3.388	3.287	3.185	3.080	2.978	2.878
28	3.609	3.429	3.244	3.150	3.049	2.947	2.842	2.739	2.638
30	3.411	3.231	3.047	2.954	2.853	2.751	2.646	2.543	2.442
32	3.248	3.068	2.885	2.792	2.691	2.589	2.484	2.381	2.280
34	3.119	2.939	2.757	2.664	2.563	2.461	2.356	2.253	2.152
36	3.017	2.837	2.656	2.563	2.462	2.360	2.255	2.152	2.051
38	2.931	2.751	2.570	2.477	2.376	2.274	2.169	2.066	1.965
40	2.857	2.677	2.496	2.403	2.302	2.200	2.095	1.992	1.891
42	2.793	2.613	2.432	2.339	2.238	2.136	2.031	1.928	1.827
44	2.738	2.558	2.377	2.284	2.183	2.081	1.976	1.873	1.772
46	2.691	2.511	2.330	2.237	2.136	2.034	1.929	1.826	1.725
48	2.650	2.470	2.289	2.196	2.095	1.993	1.888	1.785	1.684
50	2.615	2.435	2.254	2.161	2.060	1.958	1.853	1.750	1.649
60	2.472	2.292	2.111	2.018	1.917	1.815	1.710	1.607	1.506
80	2.341	2.161	1.980	1.887	1.786	1.684	1.579	1.476	1.375
100	2.244	2.064	1.883	1.790	1.689	1.587	1.482	1.379	1.278
120	2.174	1.994	1.813	1.720	1.619	1.517	1.412	1.309	1.208
140	2.121	1.941	1.760	1.667	1.566	1.464	1.359	1.256	1.155
160	2.078	1.898	1.717	1.624	1.523	1.421	1.316	1.213	1.112
180	2.042	1.862	1.681	1.588	1.487	1.385	1.280	1.177	1.076
200	2.012	1.832	1.651	1.558	1.457	1.355	1.250	1.147	1.046
250	1.958	1.778	1.597	1.504	1.403	1.301	1.196	1.093	0.992
300	1.918	1.738	1.557	1.464	1.363	1.261	1.156	1.053	0.952
400	1.874	1.694	1.513	1.420	1.319	1.217	1.112	1.009	0.908
500	1.840	1.660	1.479	1.386	1.285	1.183	1.078	0.975	0.874
600	1.812	1.632	1.451	1.358	1.257	1.155	1.050	0.947	0.846
800	1.778	1.598	1.417	1.324	1.223	1.121	1.016	0.913	0.812
1000	1.750	1.570	1.389	1.296	1.195	1.093	0.988	0.885	0.784
1200	1.728	1.548	1.367	1.274	1.173	1.071	0.966	0.863	0.762
1400	1.710	1.530	1.349	1.256	1.155	1.053	0.948	0.845	0.744
1600	1.695	1.515	1.333	1.240	1.139	1.037	0.932	0.829	0.728
1800	1.682	1.502	1.320	1.227	1.126	1.024	0.919	0.816	0.715
2000	1.670	1.490	1.308	1.215	1.114	1.012	0.907	0.804	0.703
2500	1.648	1.468	1.286	1.193	1.092	0.990	0.885	0.782	0.681
3000	1.630	1.450	1.268	1.175	1.074	0.972	0.867	0.764	0.663
4000	1.608	1.428	1.246	1.153	1.052	0.950	0.845	0.742	0.641
5000	1.592	1.412	1.230	1.137	1.036	0.934	0.829	0.726	0.625
6000	1.578	1.398	1.216	1.123	1.022	0.920	0.815	0.712	0.611
8000	1.562	1.382	1.200	1.107	1.006	0.904	0.799	0.696	0.595
10000	1.548	1.368	1.186	1.093	0.992	0.890	0.785	0.682	0.581

Table 10. . . O-table (P<0.05)

$\frac{r}{j}$	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30
1	17.9093	28.9755	32.8187	37.0815	40.4076	45.3913	49.0110	55.3607	59.5576	65.1490
2	8.0849	8.3708	9.7990	10.8811	11.7343	13.0273	13.9685	15.6503	16.7688	18.2090
3	4.8007	6.9096	8.8245	1.5017	8.0311	8.8525	9.4620	10.5222	11.2400	12.2073
4	3.9285	5.0402	5.1571	6.2870	6.7064	7.3465	7.8263	8.6610	9.2334	10.0034
6	3.8354	4.6017	6.2183	6.8731	8.0329	6.6823	8.9947	7.7183	8.2080	8.8147
8	3.4005	4.3392	4.8958	6.3049	6.0761	6.1222	6.4931	7.1428	7.5807	8.1889
7	3.3441	4.1049	4.6813	6.0601	6.3591	6.8153	6.1519	6.1588	7.1691	7.1215
8	3.2612	4.0410	4.5288	4.8858	6.1872	6.5802	5.9103	6.4831	6.8094	7.3953
9	3.1992	3.9485	4.4149	4.7554	6.0235	6.4319	5.1384	6.7158	6.6435	7.1444
10	3.1611	3.8788	4.3286	4.6543	4.9120	6.3042	6.5984	6.1141	6.4610	6.9480
12	3.0813	3.7729	4.1987	4.6077	4.7502	6.1167	5.3949	6.0780	6.2089	6.6600
14	3.0332	3.7014	4.1105	4.4868	4.6385	4.9903	5.2534	5.7139	6.0290	6.4588
16	2.9980	3.6491	4.0481	4.3327	4.5568	4.8962	5.1498	5.5932	5.8983	6.3097
18	2.9712	3.6093	3.9970	4.2763	4.4944	4.8243	5.0705	5.5006	5.7944	6.1950
20	2.9500	3.5719	3.9583	4.2319	4.4452	4.7678	5.0079	5.4213	5.7136	6.1039
24	2.9198	3.5317	3.9033	4.1663	4.3121	4.6838	4.9152	5.3106	5.5936	5.9682
30	2.8882	3.4804	3.8454	4.1021	4.3015	4.6014	4.8211	5.2114	5.4750	5.8335
40	2.8502	3.4421	3.7907	4.0391	4.2316	4.5705	4.7315	5.1050	5.3575	5.6996
60	2.8208	3.3981	3.7371	3.9774	4.1632	4.4411	4.6463	5.0011	5.2472	5.5633
120	2.8000	3.3581	3.6846	3.9169	4.0960	4.3630	4.5595	4.8979	5.1259	5.4338
∞	2.7718	3.3145	3.6332	3.8577	4.0301	4.2863	4.4741	4.7959	5.0117	5.3013

Table 11. O-table (P<0.01)

$\frac{r}{j}$	2	3	4	5	6	8	10	15	20	30
1	90.0242	135.0107	164.2577	185.5153	202.2091	227.1663	245.5416	277.0034	291.9972	325.9682
2	14.0358	19.0189	22.2937	24.7112	26.6290	29.5301	31.6094	35.4261	37.9435	41.3721
3	8.2003	10.6105	12.1695	13.3243	14.2401	15.6410	16.6908	18.5219	19.7648	21.4429
4	6.5112	8.1198	9.1129	9.9583	10.5832	11.6418	12.2631	13.5298	14.3939	15.5662
6	6.7023	8.9167	7.8042	8.4215	8.9131	9.6681	10.2393	11.2436	11.9318	12.8688
8	5.2431	6.3305	7.0333	7.5560	7.9773	8.6175	9.0968	9.9508	10.5318	11.3393
7	4.9490	5.9193	6.5424	7.0050	7.3730	7.9390	8.3674	9.1242	9.6454	10.3588
8	4.7452	5.6354	6.2038	6.6246	6.9594	7.4138	7.8632	8.5517	9.0265	9.8113
9	4.5960	5.4280	6.0507	6.3413	6.6514	7.1339	7.4945	8.1323	8.5726	9.1767
10	4.4820	5.2702	6.0686	6.1301	6.4215	6.8749	7.2133	7.8121	8.2256	8.7936
12	4.3198	5.0459	5.9016	5.8303	6.1011	6.5069	6.8136	7.3558	7.7305	8.2456
14	4.2099	4.8945	5.3215	5.6340	5.8808	6.2583	6.5432	7.0466	7.3943	7.8725
16	4.1308	4.7855	5.1919	5.4885	5.7223	6.0493	6.3483	6.8233	7.1512	7.6023
18	4.0707	4.7034	5.0942	5.3788	5.6020	5.9443	6.2013	6.6546	6.9673	7.3973
20	4.0239	4.6392	5.0180	5.2933	5.5095	5.8389	6.0805	6.5220	6.8232	7.2368
24	3.9555	4.5458	4.9068	5.1684	5.3735	5.6850	5.9107	6.3298	6.6123	7.0000
30	3.8891	4.4519	4.7992	5.0476	5.2418	5.5361	5.7563	6.1423	6.4014	6.7110
40	3.8247	4.3672	4.6957	4.9200	5.1149	5.3920	5.5989	6.0008	6.2082	6.5471
60	3.7622	4.2822	4.5944	4.8116	4.9913	5.2525	5.4466	5.8445	6.0149	6.3290
120	3.7016	4.1999	4.4970	4.7085	4.8727	5.1178	5.2992	5.6938	5.8272	6.1168
∞	3.6428	4.1703	4.4628	4.6628	4.8170	4.9872	5.1668	5.4485	5.6452	5.9108

担当分野：家畜栄養（放牧牛のミネラル栄養）

氏名：久米新一

所属先：農林水産省九州農業試験場

派遣期間：昭和61年9月26日－昭和61年12月25日

カウンターパート：Dra. Selva Amelia Scheffer de Roias

Ing. Agr. Ramona Beatriz Branda de Oka

Dra. Georgina Morel Garay

Dr. Francisco Solano Cubas Denis

Dra. Selma Ingrid Rosthoi Leonardi

目

次

報告書（放牧牛のミネラル栄養）

1. はじめに	170
2. ミネラルの分析方法	170
3. 放牧牛のミネラル栄養	172
4. おわりに	175
報告書（英語）（Table 3, 4, 14は西語）	192
報告書（西語）	214

1. はじめに

熱帯や亜熱帯諸国では、反芻動物のミネラル欠乏症や中毒症の発生する地域が広範囲にわたり存在し、それらの国々では放牧牛のミネラル栄養が重要な問題としてとりあげられている。McDowellによると、熱帯地域でもっとも欠乏しやすいミネラルはリン(P)であり、次いで銅(Cu)とコバルト(Co)が問題になると指摘している。また、ナトリウム(Na)、ヨウ素(I)及びセレン(Se)欠乏症やSe、モリブデン(Mo)及びフッ素(F)中毒症の発生もしばしば報告されているので、これらの元素も重要としている。さらに、その他のミネラルによる欠乏症や中毒症も熱帯地域では発生しているので、放牧牛のミネラル栄養に関しては今後も十分な調査と研究が必要と指摘している。

パラグアイにおいても、放牧牛のミネラル問題が重要視されて久しいが、それらに関する情報はほとんどないのが現状である。アスンシオン大学獣医学部においては、牧草や飼料中のカルシウム(Ca)、P及びマグネシウム(Mg)含量を測定しているが、その他のミネラルや土壌、動物体などのサンプルはまだ調べられていない。また、本プロジェクトの主要テーマである繁殖とミネラル栄養には密接な関係のあることが知られているので、放牧牛のミネラル栄養に関する調査結果から具体的な改善点が見いだせれば、放牧牛の繁殖成績の向上も期待できると思われる。

そこで、本プロジェクトの供与機材として原子吸光光度計がパラグアイに導入されたので、それを利用して放牧牛のミネラル栄養に関する技術協力を行なった。具体的には、初めに試料のサンプリング方法、前処理及び分析方法を教えた。次に、パラグアイ国内から採取した土壌、牧草、動物体などの試料の分析結果から、放牧牛のミネラル栄養の問題点を明らかにし、改善方法を指摘した。なお、分析したミネラルはCa、P、Mg、Na、カリウム(K)、鉄(Fe)、亜鉛(Zn)、Cu、マンガン(Mn)の9元素である。

2. ミネラルの分析方法

分析を行なったサンプルは、水、土壌、牧草、給与飼料、糞、血清、肝臓及び骨である。サンプルによって、サンプリング方法、前処理、分析方法、データの表示などが異なるので、各サンプルごとにそれらの方法を教えた。また、パラグアイ側からの要望もあったので、それらの方法をマニュアルに作成し、印刷物として残しておいた。

カウンターパートとしては、Ing. Beatriz Branda de Okaが中心になって分析を行なったが、全員のミネラルに対する関心が深いこともあって、原子吸光光度計は皆が使用して分析を行なった。サンプルによって分析方法が異なることから、カウンターパートも初めはとまどうこともあったが、次第に分析にも慣れ、最後には自分たちだけで分析できるようになっていた。特に、Ing. Beatriz Branda de Okaはほぼ分析方法を熟知したようであった。

原子吸光光度計を用いて、Ca、Mg、Na、K、Fe、Zn、Cu及びMnの8元素を測定したが、各元素について測定条件を設定し、付属のコンピューターにそれを入れておいたので、原子吸光は比較的簡単に利用できるようになった。また、Pについては研究室に設置してある比色計を利用して、分析を行なった。

分析についてはほぼ順調に進んだが、それでも問題点もいくつか生じた。分析に関する問題点について、以下に簡単に述べる。

- (1) サンプルの灰化時に過塩素酸を用いるが、その際過塩素酸の危険性は十分に強調したが、それでも操作方法に少し不安が残った。また、全員ではないが、分析の過程でちょっとしたミスもめだった。ミネラルの分析では初めの小さな操作の誤りが、最終のデータに大きくはねかえるので、注意の必要性を強調した。特に、多種類のサンプルを分析したので、最後にデータをチェックして、分析過程や計算過程での誤りをみつけるようにした。
- (2) 原子吸光は最先端のものであったが、最先端の機器が必要なのか疑問が残った。特に、付属のミニコンピューターにソフトがつき、それが壊れると動かなくなるようなので手動でも動く機器が必要と思われた。それ以外にも、ガス用のステンレス管がなかったり、予備の補充をどうするかなどの問題が残った。
- (3) Pの定量は設置してある比色計を利用したが、老朽化して安定しないため、分光光度計の導入が必要と思われた。また、別機関のSEAGでは英国の機器を用いて血清のCa、P、Mg及びCuの分析を行っていたが、データを比較したところ、Ca、Mg及びCuはほぼ同様な値であったが、Pの値が異なっていた。これは比色計の問題と、もう一つは当初Pの分析はしない予定だったので標準液を日本から持っていかず、研究室で作成してあった標準液を使用したことに原因したかもしれないと思われた。それで、新しい標準液を作成し、もう一度チェックするように指摘した。
- (4) 今回は必要な機器が足りなかったため、Se、Mo及びCoの分析はできなかった。原子吸光に付属品を備えることでそれらの分析もできることから、パラグアイ側からも分析をしたいとの要望があった。しかし、分析方法がさらに難しくなるので、現在のテクニックでは不安を覚えた。そのため、もし導入するのであれば、日本での研修と専門家の派遣が必要と思われた。
- (5) 今回のミネラルの調査方法と分析方法は、基礎的なものである。そのため、今回教えた方法を熟知したならば、新しい方法を開発することが必要である。しかし、現段階では今回教えた方法を完全にマスターすることが重要なことを強調した。

3. 放牧牛のミネラル栄養

(1) 材料及び方法

牧草中のミネラル含量を明らかにすることが、放牧牛のミネラル栄養を評価するためにはまず第一に必要なため、高橋専門家が1985年と1986年に東部のブエナビスタ牧場とバレリート種畜牧場で採取した牧草を利用した。また、1985年に大学の試験圃場から採取した改良草地と1985年にパラグアイで使用していた各種飼料も分析に供した。

次に、土壌と牧草のミネラル含量を調べることによって、土壌-牧草間のミネラルの関係を明らかにすることが必要になる。特に、パラグアイにおいては西部のチャコ地方は土壌が肥沃だが、東部は非常に瘠せていると言われているので、東部の3牧場と西部の2牧場から土壌と牧草を採取した。また、一牧場内でも林地帯(monte)と草原地帯(campo)、あるいは自然草原と改良草地でミネラルの栄養状態が異なると言われているので、西部のポツアツール牧場と東部のコルデルリータ牧場から土壌と牧草を数点採取した。一方、大学の試験圃場からも土壌と水を採取した。

また、熱帯や亜熱帯地域では広大な草地を利用しているが、そのために牧草の摂取量と消化率は明確に求められないのが現状である。それゆえ、放牧牛のミネラルの栄養状態を把握するには、牧草のミネラル含量よりも動物体内のミネラルの状態を調べる方が最善とされている。動物のミネラルの栄養状態を調べる指標として、血清、骨、肝臓などが良く利用されているので、ここでもそれらのサンプルを採取した。血清は、大学で飼養しているブラウンスイス種からは直接採取したが、その他の血清サンプルはSENACSAで調査したサンプルを利用した。また、骨は東部のコルデルリータ牧場から、肝臓はサンロレンソの屠場から採取した。

試料のサンプリングや分析などは、マニュアルに書いた方法で行なった。但し、1985年に採取したサンプルのデータは、Ing. Beatriz Branda de Okaが帯広畜産大学で分析したデータを使用した。

(2) 結果及び考察

パラグアイ東部のブエナビスタ牧場とバレリート種畜牧場の牧草のミネラル含量は、NRC標準の推奨値と比較すると、P、Na、Zn及びCu含量が非常に低く、逆にFe及びMn含量は非常に高い値であった(表1及び2)。一方、大学の改良草地のミネラル含量は、Cuがやや低い値であったが、他の元素はいずれも推奨値を超えていた。

また、ブエナビスタ牧場とバレリート種畜牧場の牧草を乾期と雨期に分けて比較したが、ミネラル含量にはほとんど差が認められなかった(表3及び4)。このことは、これらの牧場では年間を通じて牧草のP、Na、Zn及びCu含量が低く、Fe及びMn含量は高いことが推察される。それゆえ、これらの牧場の牛はP、Na、Zn及びCuが不足し、逆にFe及びMnは

過剰に摂取していることになり、P、Na、Zn及びCu欠乏症や、あるいはFe及びMn過剰によるミネラル不均衡が発生する可能性があるだろう。特に、重度のミネラル欠乏症や中毒症よりも軽度のそれらの発生の方が熱帯地域では重要視され、それらが繁殖に影響を与えていることも知られているので、パラグアイでも軽度のミネラル欠乏症や過剰症により繁殖成績が低下していることもうかがえる。

熱帯地域ではミネラルの補給により繁殖成績の改善した報告が数多くみられるが、パラグアイでも不足しているミネラルを補給することにより、繁殖成績を向上できる可能性が強いと思われる。また、あらゆる栄養素が不足し成長の停滞する乾期よりも、成長が促進され、また繁殖シーズンにあたる雨期にミネラルを補給した方が効果は高いと思われる。しかし、ミネラルの補給方法は今後の課題として、経済性などを考慮しながら検討していくことが必要であろう。

土壌と牧草のミネラル含量は、東部と西部のチャコ地方では非常に異なっていた(表5及び6)。チャコ地方では、牧草のCu含量がやや低いことを除けば、ミネラル含量はほぼ推奨値をみたし、また過剰に含まれていることもなかったのもので、ミネラルバランスの良い牧草であった。土壌中のミネラル含量もチャコ地方が東部よりも高い傾向を示し、特に東部で不足していたP、Na、Zn及びCu含量がチャコ地方でかなり高い値を示したので、牧草中のそれらの含量は主に土壌中のそれらの含量が影響したものと思われた。しかし、土壌-牧草間のFe及びMn含量には明確な関係は認められなかったのもので、東部の牧草にFeとMnが過剰に含まれていたのは、土壌中のそれらの含量よりも土壌型などの他の要因が働いたものと思われた。

一般に、パラグアイでは東部よりもチャコ地方の方が放牧牛の繁殖成績の良いことが知られているが、土壌が肥沃で牧草中のミネラルが豊富なこともその一因と思われた。また、同一牧場内でも、改良草地が自然草地よりも牧草中のミネラル含量は高い傾向を示していた(表1, 2, 7及び8)。さらに、チャコ地方ではそれほど明確ではなかったけれども、自然草地の中でも林地帯(monte)が草原地帯(campo)よりも牧草中のミネラル含量は高い傾向を示すようであった(表7, 8, 9及び10)。このことは、放牧牛の繁殖成績を向上させるために考慮することが必要と思われたが、例数が少ないのでさらに調査を重ねて検討しなければならない問題である。しかし、土壌-牧草間のミネラル含量には明確な関係はみられなかったのもので、同一牧場内で土壌を詳細に調べることは今回の調査では必要ないものと思われた。

水も放牧牛のミネラル源の一つであるが、大学で採取した水のミネラル濃度は非常に低かったのもので、ミネラル源として水はそれほど大きな貢献はしていないようであった(表11)。むしろ、土壌中のミネラル含量が高く、また放牧牛は直接の土壌摂取量も多いので、土壌は

放牧牛のミネラル源として重要と思われた。しかし、熱帯の牛の土壌摂取量に関する情報がないので、これも今後の課題であろう。

放牧牛は大部分のミネラルを牧草から摂取しているが、時には骨粉、ミネラル塩などの補給飼料から得ることもある。表12には、パラグアイで使用していた各種飼料のミネラル含量を示したが、飼料によってミネラル含量はさまざまな値を示した。また、発展途上国においては、表示した飼料中のミネラル含量と実際に測定した飼料中のミネラル含量が非常に異なることがあるので、特にミネラル塩などを実際に使用する場合にはあらかじめ含量を測定しておいた方が賢明であろう。

血清のミネラル濃度は、各採取場所によってやや異なっていた(表9, 10及び13)。動物体内のミネラルの栄養状態を調べる目的で、血清のミネラル濃度は生体から採取しやすいこともあって良く利用されている。しかし、熱帯地域ではサンプリング後の運搬など、さまざまな要因によってhemolysisなどが起こりやすくなり、血清のミネラル濃度が実際の値と異なる場合がある。今回の調査でも、サンプルにhemolysisが起こっているケースもあり、特に血清中のP濃度が影響を受け、すこし高い値を示したようであった。それでも、今回のデータは今後の調査の際の基礎データとして利用できるであろう。特に、血清のCu濃度はCu欠乏を示す臨界レベル以下の値も多くみられたので、放牧牛のCu欠乏症はパラグアイでも重要な問題と思われた。

今回の調査では、パラグアイで特に問題となるミネラルはPとCuと考えられた。体内においては、Pは骨に、またCuは肝臓に多量に蓄積されているので、P及びCu欠乏症を判断する指標としてそれらが良く利用されている。採取した骨では、Pは臨界レベルを超えていたが、Caは臨界レベル以下であった(表14)。また、肝臓は同一牧場(ポツコロラド)の牛から2点採取したが、Cu濃度は2点で非常に異なっていた。今回は例数が非常に少ないのでまだ明確にはできないが、骨と肝臓はP及びCu欠乏症を判断する良い指標と考えられるので、今後例数を増やすことによってさらに検討することが必要であろう。

今回は調査方法や分析方法を教えることがまず第一の目的であったので、パラグアイ国内からサンプルをそれほど多く採取することはできなかった。今後は、パラグアイ国内でさらに調査を続けることによって、放牧牛のミネラル栄養の現状を把握し、その後ミネラル栄養の改善方法を考慮することが必要であろう。さらに、熱帯の牛のミネラル要求量はまだほとんど明かにされていないので、パラグアイにおいても最終的には牛のミネラル要求量を求め、また他の栄養素をも含めて牛の飼養標準を作成することが重要と考えられる。そうすることによって、牛の繁殖成績も自然に改善されると思われる。

4. おわりに

今回の技術協力は比較的スムーズに進んだが、その理由としては次のようなことが挙げられる。

- (1) Ing. Beatriz Branda de Oka が日本で研修をうけてきたため、原子吸光光度計をすぐに使いこなせたこと。
 - (2) 技術協力も4年次に至っていたため、日本からの機材が豊富にあり、分析をしやすいこと。
 - (3) フロリダ大学の Mc Dowell らが、熱帯、亜熱帯の牛のミネラル栄養の研究を最近まとめたため、利用できるデータが多かったこと。
 - (4) カウンターパートがミネラルに関心が強く、意志の疎通も比較的よかったこと。
- などである。

しかし、一方では機器の据付がおくれたり、また部品が足りなかったりなどのトラブルや、言葉がなかなか通じないなど、困ることも生じた。

今後の問題点については、各項目ごとに述べたが、最後に特に強調しておきたいことは、カウンターパート自身が試験の設計から最後のとりまとめまでを全て自分たちでできるようにすることである。

表1、1985年にバラグアイで採取した牧草の主要ミネラル含量とNRC標準(1984)の
ミネラル要求量の推奨値との比較

Origin	Grass	Number of samples	Ca	P	Mg	K	Na
Barrerito	Pasto Nativo	4	0.240±0.028	0.079±0.009	0.118±0.034	0.509±0.0213	0.017±0.012
B. Vista	Pasto Nativo	4	0.245±0.027	0.075±0.014	0.160±0.035	0.492±0.192	0.017±0.011
F.C.V.	Pangola	4	0.511±0.059	0.183±0.025	0.326±0.233	1.227±0.073	0.196±0.125
	Colonial	4	0.662±0.242	0.171±0.038	0.520±0.123	1.460±0.187	0.070±0.104
	B. Decumbers	4	0.549±0.067	0.170±0.008	0.597±0.140	1.330±0.312	0.018±0.013
	Setaria Anceps	4	0.609±0.182	0.200±0.014	0.364±0.090	1.761±0.579	0.394±0.075
	Gatton Panic	4	0.891±0.171	0.206±0.052	0.566±0.097	1.034±0.340	0.293±0.049
	Green Panic	3	0.758±0.218	0.210±0.097	0.493±0.138	1.475±0.346	0.200±0.071
Suggested value (NRC)			-----*	-----*	0.10	0.65	0.08
range (NRC)			(0.23)	(0.18)	0.05-0.25	0.5-0.7	0.06-0.10

Gouted from Ing. Ramona Beatriz Blanda de Oka's data, * Ca and P are most important for beef cattle nutrition and there are many figures for various animal factors, such as body weight, sex, and rate of gain, the figure in parenthesis is lowest one (heifer, B.W. 272 Kg, D3 0.23 Kg)

表2、1985年にパラグアイで採取した牧草の微量元素含量とNRC標準(1984)の
微量元素要求量の推奨値との比較

Origin	Grass	Number of samples	Fe	Zn	Cu	Mn
Barrerito	Pasro Nativo	4	160+61	13.4+1.4	2.0+0.5	486+73
B. Vista	Pasto Nativo	4	576+156	17.0+4.2	2.9+1.5	685+185
F.C.V.	Pangola	4	562+207	32.8+4.8	4.7+1.0	471+254
	Colonial	4	225+128*	30.1+14.3*	3.8+1.5*	284+60
	B. Decumbens	4	471+424	29.2+1.8	4.8+0.8	228+49
	Setaria Anceps	4	524+224	38.7+7.6	8.4+1.2	300+111
	Cotton Panic	4	427+240	30.6+6.7	5.0+1.6	175+32
	Green Panic	3	361+113	35.4+8.9	3.9+1.2	186+48
----- ppn on dry matter basis -----						
Suggested value (NRC)			50	30	8	40
Range (NRC)			50 - 100	20 - 40	4 - 10	20 - 50

Quoted from Ing. Patricia Beatriz Branda de Oka's data, * 3 samples

表3、1985及び1986年の乾期と雨期におけるブエナビスタ牧場とバ舍利ート種畜牧場の
自然草地の牧草の主要ミネラル含量（乾物当り%）

	Number of sample	Ca	P	Mg	Na	K
B. Vista (R. Oriental)						
Dry (Mar. - Aug.)	4	0.251 ± 0.036	0.09 ± 0.024	0.168 ± 0.051	0.026 ± 0.018	0.667 ± 0.245
Wet (Sep - Feb)	4	0.284 ± 0.164	0.087 ± 0.045	0.179 ± 0.136	0.019 ± 0.02	0.448 ± 0.159
Parrerito (R. Oriental)						
Dry (Mar - Aug.)	4	0.234 ± 0.035	0.089 ± 0.030	0.114 ± 0.019	0.015 ± 0.012	0.603 ± 0.129
Wet (Sep - Feb)	4	0.249 ± 0.065	0.093 ± 0.036	0.111 ± 0.038	0.012 ± 0.007	0.553 ± 0.224

表4、1985及び1986年の乾期と雨期におけるブエナビスタ牧場とバレリート種畜牧場の
自然草地の牧草の微量元素含量 (乾物当り ppm)

	Number of sample	Fe	Zn	Cu	Mn
B. Vista (R. Oriental)					
Dry	4	676 ± 375	21.4 ± 5.2	4.13 ± 1.63	735 ± 121
Wet	4	491 ± 382	18.6 ± 5.5	3.13 ± 1.28	565 ± 114
Barrerito (R. Oriental)					
Dry	4	238 ± 245	15.4 ± 3.5	3.10 ± 2.49	426 ± 106
Wet	4	282 ± 126	19.5 ± 6.0	2.38 ± 0.40	524 ± 82

表5、パラグアイの5牧場から採取した土壌と自然草地の牧草の主要ミネラル含量
(乾物当り%)

	Ca	P	Mg	Na	K
Soil					
B. Vista (Misiones)	0.059	0.015	0.049	0.012	0.035
Barrerito	0.087	0.012	0.039	0.018	0.055
Quyquyo	0.109	0.010	0.050	0.012	0.103
B. Vista (Chaco)	0.097	0.043	0.178	0.059	0.383
Pozo Azul	0.068	0.028	0.199	0.060	0.500
Pasto Nativo					
B. Vista (Misiones)	0.524	0.151	0.377	0.049	0.582
Barrerito	0.326	0.146	0.143	0.012	0.509
Quyquyo	0.552	0.164	0.284	0.005	1.262
B. Vista (Chaco)	0.311	0.241	0.137	0.151	0.952
Pozo Azul	0.220	0.312	0.164	0.053	2.102
Suggested value (NRC)	(0.23)	(0.18)	0.10	0.08	0.65

表6、パラグアイの5牧場から採取した土壌と自然草地の牧草の微量元素含量
(乾物当りppm)

	Fe	Zn	Cu	Mn
Soil				
B. Vista (Misiones)	7328	15.2	2.75	425
Barrerito	7947	15.8	3.76	66
Quyquyo	7715	13.7	4.05	250
B. Vista (Chaco)	10825	36.6	7.83	145
Pozo Azul	10651	26.3	4.62	127
Pasto Nativo				
B. Vista (Misiones)	652	26.0	4.40	599
Barrerito	470	25.4	2.52	613
Quyquyo	592	29.0	7.83	259
B. Vista (Chaco)	331	38.1	5.33	252
Pozo Azul	224	24.7	4.30	47
Suggested value (NRC)	50	30	8	40

表7、ボツアツール牧場の6地点から採取した土壌と牧草の主要ミネラル含量
(乾物当り%)

	Ca	P	Mg	Na	K
Soil					
Pasto nativo	0.068	0.028	0.199	0.060	0.500
Campo	0.177	0.045	0.329	0.072	0.973
Monte	0.182	0.099	0.292	0.041	0.723
Colonial - 1	0.192	0.059	0.192	0.037	0.443
Colonial - 2	0.555	0.122	0.299	0.037	0.925
Bermuda	0.232	0.092	0.381	0.074	1.015
Grass					
Pasto nativo	0.220	0.312	0.164	0.053	2.102
Campo	0.516	0.306	0.345	0.191	2.210
Monte	0.338	0.507	0.162	0.596	2.441
Colonial - 1	0.359	0.615	0.356	0.082	2.246
Colonial - 2	0.499	0.386	0.151	0.022	2.857
Bermuda	0.714	0.521	0.250	0.041	2.329

表8、ボツアツール牧場の6地点から採取した土壌と牧草の微量元素含量
(乾物当り ppm)

	Fe	Zn	Cu	Mn
Soil				
Pasto nativo	10651	26.3	4.62	127
Campo	14124	40.1	12.93	77
Monte	12996	52.8	12.31	212
Colonial - 1	10462	34.0	9.04	146
Colonial - 2	12330	52.6	16.13	341
Bermuda	17278	55.9	17.90	425
Grass				
Pasto nativo	224	24.7	4.30	47
Campo	248	29.8	7.74	293
Monte	108	20.1	2.28	57
Colonial - 1	184	69.6	1.86	33
Colonial - 2	77	20.7	5.47	63
Bermuda	194	53.0	6.37	162

表9、コルデルリータ牧場の土壌、牧草及び血清の主要ミネラル濃度

	Ca	P	Hg	Na	K
Soil	----- % on dry basis -----				
High	0.064	0.016	0.051	0.009	0.068
Low	0.023	0.014	0.038	0.009	0.057
Grass	----- % on dry basis -----				
Pasto nativo					
high - campo	0.203	0.060	0.092	0.005	0.630
high - monte	0.344	0.154	0.208	0.010	1.776
low - campo 1	0.257	0.126	0.187	0.009	0.754
low - campo 2	0.214	0.126	0.183	0.004	0.973
Weeds	0.450	0.184	0.260	0.008	1.256
Serum ¹⁾	----- m/g 100 ml -----				
	9.12 + 1.60	8.09 + 2.05	3.22 + 0.60	265.8 + 32.8	19.7 + 5.4

1) Mean + S.D of 8 cows

表10、コルデルリータ牧場の土壌、牧草及び血清の微量元素濃度

	Fe	Zn	Cu	Mn
Soil	ppm on dry basis			
high	12323	19.8	5.45	147
low	6126	16.9	4.76	23
Grass	ppm on dry basis			
Pasto nativo				
high - campo	446	13.9	4.19	205
high - monte	1330	34.0	9.02	623
low - campo 1	1913	23.3	4.92	493
low - campo 2	433	19.2	4.02	169
weeds	326	21.2	11.40	152
Serum ¹⁾	mg / ml			
	1.69 ± 0.84	0.90 ± 0.18	0.65 ± 0.18	---

1) Mean ± S.D. of 8 cows, --- : Not detected

表 I I、F.C.V.の水と土壌のミネラル含量

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn
WATER					ppm				
water	4.18	-	1.53	1.87	1.07	0.04	0.86	-	0.002
Distilled water	0.20	-	0.005	-	-	0.02	0.003	-	-
SOIL					% on dry basis				
Fertilized area	0.22	0.048	0.038	0.021	0.096	11498	16.5	10.8	319
No fertilized area	0.16	0.068	0.039	0.020	0.096	11769	14.2	10.9	283

— ; Not detected

表 12、1985年にパラグアイで使用されていた各種飼料のミネラル含量

FEED	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn
Balanceado p/ lecheras	0.88	0.20	0.38	0.77	1.36	474	75.4	14.2	54
Balanceado p/ cerdos	0.76	0.20	0.36	0.09	1.11	218	123.0	13.7	17
Balanceado p/ ponedoras	2.58	0.11	0.19	0.08	0.89	340	51.4	9.1	73
granos de soja	0.26	0.42	0.23	0.01	1.99	195	44.8	12.1	31
Harina de soja	0.34	1.23	0.29	0.01	2.38	642	63.8	17.1	48
Expeller de Algodón	0.29	1.16	0.66	0.22	1.74	164	73.6	16.0	26
Expeller de Maní	0.18	0.45	0.28	0.01	1.08	678	48.0	12.2	47
Harina de Carne	12.75	6.58	0.24	0.41	0.25	166	70.8	15.1	7
Harina de Huesos	24.95	11.35	0.40	0.38	0.05	791	96.7	8.5	32
Sal Mineral	18.30	11.88	0.06	0.24	0.10	5033	12.7	137	49

Quoted from Ing. Ramona Beatriz Branda de Cka's data

表13、バラグアイの10牧場における牛の血清のミネラル濃度

FARM	SEX	NUMBER OF SAMPLES	Ca	P	Mg	Na	K	Cu
Brown Swiss								
F.C.V.	♀	10	6.92 ± 1.42	8.69 ± 1.63	3.48 ± 0.88	263.2 ± 57.7	15.2 ± 2.3	0.61 ± 0.26
Nelore								
Encarnación	♀	10	11.03 ± 0.85	12.06 ± 1.70	2.34 ± 0.23	317.1 ± 11.3	31.3 ± 4.4	0.63 ± 0.13
Aranbay	♀	10	9.73 ± 0.62	9.54 ± 0.65	2.49 ± 0.20	320.2 ± 7.8	35.8 ± 4.0	0.75 ± 0.10
Concepción	♂	10	9.83 ± 0.51	9.09 ± 1.29	2.14 ± 0.19	316.6 ± 5.5	27.1 ± 2.5	0.85 ± 0.04
Mestiza								
Ypane	♀	10	7.61 ± 1.21	7.35 ± 0.96	1.96 ± 0.26	299.8 ± 28.5	20.7 ± 2.9	0.60 ± 0.15
Ypane	♀	10	9.32 ± 0.55	8.07 ± 0.89	2.24 ± 0.15	334.8 ± 7.7	21.2 ± 2.2	0.57 ± 0.14
San Pedro	♀	10	10.26 ± 0.39	6.72 ± 1.34	2.64 ± 0.17	313.2 ± 17.5	26.9 ± 2.7	0.75 ± 0.15
B. Vista (Chaco)	♀	10	8.64 ± 1.02	8.97 ± 1.89	1.96 ± 0.21	306.2 ± 28.3	35.8 ± 7.0	0.53 ± 0.20
Pozo Azul	♀	10	8.59 ± 0.94	8.00 ± 0.94	2.29 ± 0.24	327.0 ± 12.4	31.5 ± 2.8	0.47 ± 0.07
Vaca Retá	♀	10	8.62 ± 0.92	7.39 ± 0.77	1.86 ± 0.30	333.6 ± 10.1	20.1 ± 3.2	0.25 ± 0.14
Critical level ¹⁾								
			8	4.5	1 - 2	-	-	0.65

1) according to Mc Dowell.

表14、バラグアイの牛の骨と肝臓のミネラル濃度

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn	
Bone	----- % on bone ash basis ----- ppm on bone ash basis -----									
	33.3	19.6	0.317	0.467	0.073	13961	184	132	80	
Liver	----- % on dry basis ----- ppm on dry basis -----									
1.	0.001	1.76	0.064	0.255	1.04	216	145	191.9	5.7	
2.	0.007	1.68	0.064	0.225	1.17	340	239	3.3	6.9	
Critical level	3)									
Bone	37.6	18.6	-	-	-	-	-	-	-	
Liver	-	#	-	-	-	-	-	25-75	6	

1) at Est. Cordillerita, 2) obtained from slaughterhouse at San Lorenzo, 3) according to McDowell.

I, Introduction

In tropical countries, mineral deficiency, imbalance, and toxicity are most frequently observed in grazing ruminants and reduce the productivity of grazing cattle. According to McDowell, the mineral most likely deficient for grazing cattle in tropical countries is phosphorus (P), followed by copper (Cu) and cobalt (Co). Also, both deficiencies of sodium (Na), iodine (I), and selenium (Se) and toxicities of Se, molybdenum (Mo), and fluorine (F) are widespread throughout the tropical countries. Furthermore, the investigation of other minerals, such as calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), iron (Fe), zinc (Zn), and manganese (Mn), may be important, since there were numerous reports of those deficiencies or toxicities of ruminants in tropical countries of Latin America, Africa, and Asia.

There was very little information in mineral nutrition of grazing cattle in Paraguay. In F.C.V., only Ca, P, and Mg concentration in grass and feed was determined. Therefore, many research in mineral nutrition of grazing cattle is needed in Paraguay, since there may be possible to increase the productivity of grazing cattle from the results of the investigation of mineral status of cattle.

Firstly, I taught the sampling and preparing methods of water, soil, grass, feed, serum and tissues of cattle, and then analytical method of those samples. Calcium, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu, and Mn is determined by atomic absorption spectrophotometry and P is done by colorimetric methods. Secondly, I collected the samples at many farms and analysed mineral concentration of samples. At last, I evaluated the effect of many factors on mineral status of grazing cattle in Paraguay and suggested improved feeding of grazing cattle in relation to mineral nutrition.

2, Sampling, preparing, and analytical method

This is the manual of the method of mineral analysis on soil, water, grass, feed, serum, and tissues of cattle. Calcium (Ca), magnesium (Mg), sodium (Na), potassium (K), iron (Fe), zinc (Zn), copper (Cu) and manganese (Mn) is determined by atomic absorption spectrophotometry and phosphorus (P) is done by colorimetric method.

Sampling, preparing, and analytical method of many samples are written in flow-chart. Also, calculation and expression of data is shown with easy example. Although various methods are used at mineral analysis, I teach fundamental method in this laboratory. As these methods are familiar in this laboratory, it is better to learn another methods because of the solution in many problems.

3. Investigation of mineral status in grazing cattle

Mineral deficiencies, imbalances, and toxicities in grazing cattle are reported from many tropical countries. Also, borderline or mild deficiencies are great important economically, since they are much widespread and affect a large number of animals in tropical countries than severe deficiencies. Borderline mineral deficiency of cattle is likely to reduce milk production, growth rate, and reproduction. Although it is very difficult to diagnose borderline deficiency in grazing cattle, detecting borderline deficiency is needed in order to increase the productivity of grazing cattle.

Mineral deficiencies and excesses have been established by soil, water, plant, and animal tissue analysis. Mineral analysis of natural pasture consumed by grazing cattle is basic to mineral status diagnosis. However, animal tissue-mineral concentrations are better indicators of mineral status in grazing cattle, since it is difficult to estimate forage intake and digestibility from plant analysis, and also soil analysis is limited on diagnosing because of lack of direct relationship to mineral content of grass.

In Paraguay, mineral status in grazing cattle have not been well investigated, although Ca, P, and Mg concentrations in grass have been determined in F.C.V. Therefore, it may be important to analyse mineral concentration in soil, grass, and animal tissues in Paraguay in order to clarify mineral status in grazing cattle. Also, there may be possible to increase the productivity of grazing cattle, if mineral status in grazing cattle may be clarified and then, some useful treatments are done in deficient cattle. This study is, therefore, conducted to evaluate the effect of many factors on mineral status in grazing cattle in Paraguay and improve the productivity of grazing cattle.

Materials and Methods

Grass samples obtained from Est. Buena Vista and Barrerito at R. Oriental during 1985 and 1986 were used in analysis. Also, grass samples obtained from F.C.V. during 1985 were used. Concentrate and other feed obtained from Paraguay during 1985 were used in analysis.

Soil and grass samples were collected from Est. Buena Vista, Barrerito, and Quyquyo at R. Oriental and Est. Buena Vista and Pozo Azul at Chaco from

October to November 1986. Also, water and soil samples were collected from F.C.V. at October 1986.

Serum samples of Brown Swiss cattle were taken from the jugular vein at F.C.V., and also serum samples of cattle obtained from SENACSA were used in analysis. Soil, grass, serum, and bone samples were collected from Est. Cordillerita at November 1986. Liver samples of cattle were taken at slaughterhouses of San Lorenzo.

The sampling, preparing, and analytical methods were conducted as previously described (Chapter 2). Calcium, P, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu, and Mn concentrations in samples were determined, but grass and feed samples obtained during 1985 were analysed at Obihiro University.

Results and Discussion

Major mineral and trace element concentrations in grass obtained from Est. Barrerito and Buena Vista and F.C.V. are shown in Table 1 and 2. Major mineral concentrations in pasto nativo at Est. Barrerito and Buena Vista were significantly lower than that in grass at F.C.V. Compared to suggested value of NRC standards, P and Na were severe deficient in pasto nativo at Est. Barrerito and Buena Vista, although K was borderline deficient and Ca and Mg were almost adequate. However, major mineral concentrations in grass at F.C.V. may be adequate for cattle, since those were higher than that of NRC. Also, Zn and Cu may be severe deficient in pasto nativo at Est. Barrerito and Buena Vista, although Fe and Mn concentrations were high levels. Furthermore, Cu concentration in grass at F.C.V. may be borderline deficient for cattle.

Major mineral and trace element concentrations in pasto nativo at Est. Buena Vista and Barrerito for dry and wet seasons are shown in Table 3 and 4. There may be not seasonal changes in mineral concentrations in pasto nativo, since mineral concentrations in pasto nativo were almost similar for both dry and wet seasons. Also, mineral concentrations, especially P, Na, Zn, and Cu, in pasto nativo at Est. Barrerito and Buena Vista may be deficient for grazing cattle throughout the year, although Fe and Mn concentrations were very high. Therefore, grazing cattle at Est. Barrerito and Buena Vista may be deficient for P, Na, Zn, and Cu throughout the year, if cattle is not supplemented with mineral mixture and other feed. Also, there may be mineral imbalances by excesses of Mn and Fe, since excesses of Mn and Fe were interfered with other

minerals. Thus, improved feeding management, such as mineral supplementation and fertilization, is needed at Est. Barrerito and Buena Vista in order to increase the productivity of grazing cattle. In that case, it is also necessary to pay attention to energy and protein deficiency in relation to improved feeding management. Since daily gain in grazing cattle may be increased at wet seasons, mineral supplementation may be useful to improve the growth rate and reproduction at wet seasons.

Major mineral and trace element concentrations in soil and pasto nativo at R. Oriental and Chaco are shown in Table 5 and 6. Compared to Chaco at Est. Buena Vista and Pozo Azul, major mineral concentrations, except for Ca, in soil of R. Oriental at Est. Buena Vista, Barrerito, and Quyquyo were very low. Thus, P, Na, and K concentrations in pasto nativo at R. Oriental were also very low, although Mg concentration in pasto nativo at R. Oriental was slightly higher than that at Chaco. However, Ca concentration in soil was almost similar at both R. Oriental and Chaco, although that in pasto nativo at R. Oriental was slightly higher. Since Zn and Cu concentrations in soil at R. Oriental were lower than those at Chaco, Zn and Cu concentrations in pasto nativo at R. Oriental were slightly lower. However, it is not clear that there were direct relationships between Fe and Mn concentrations in soil and pasto nativo, since Fe concentration in soil and grass was adverse relationship between R. Oriental and Chaco, and Mn concentrations in pasto nativo at Barrerito was highest but lowest in soil. Therefore, low concentrations of P, Na, K, Zn, and Cu in pasto nativo at R. Oriental may be mainly due to low concentrations of those in soil. However, excesses of Fe and Mn in pasto nativo at R. Oriental may be partly due to those concentrations in soil, but other factors, such as soil type and available Fe and Mn level in soil, may be important in this case.

Major mineral and trace element concentrations in soil and grass at Est. Pozo Azul are shown in Table 7 and 8. Mineral concentrations in soil and grass at Est. Pozo Azul varied widely and there may be not direct relationships between mineral concentrations in soil and grass. This is suggested that it is difficult to diagnose mineral deficiency from soil analysis within one farm or narrow areas. However, grass analysis may be important to diagnose mineral status in cattle, since there were some tendencies between mineral concentrations in different grass. Compared to mineral concentrations in pasto nativo at campo, P, Na, and K concentrations in pasto nativo at monte were higher, but trace element concentrations were lower. Also, except for Na and Fe, mineral concentrations in artificial pasture, such as Colonial and Bermuda, were higher than those in pasto nativo. In Table 11 and 12, mineral concentrations in pasto nativo at monte were significantly higher than those at monte, and mineral concentrations in artificial pasture at F.C.V. were very high in Table 1 and 2. Therefore, it is suggested that artificial pasture contains mineral at high levels compared to pasto nativo and within pasto nativo, monte is more riched in mineral. Also, mineral content and mineral balance in grass at Chaco may be almost sufficient for grazing cattle compared to R.Oriental. However, more attentions needed on borderline Cu deficiency at Chaco, since Cu concentration in grass at Chaco was slightly low level.

Mineral concentrations in water and soil at F.C.V. are shown in Table 9. For unsupplemented grazing cattle, minerals are derived principally from forage, soil, and water, but most of mineral may be ingested from grass. In this study, water contained mineral, but mineral concentrations in water were extremely lower than those in grass. Therefore, mineral from water may be little contribution on mineral intake of grazing cattle. However, Zn from water may be partly important in mineral nutrition of grazing cattle, since Zn concentration in water was relatively high. Also, major mineral concentrations in soil were significantly lower than in grass. However, trace element concentrations in soil were almost similar or higher than in grass, and especially Fe concentration in soil was extremely high. Therefore, soil may act important role on trace element intake of grazing cattle in deficient areas of trace element, although most of major mineral may be ingested from grass.

Mineral concentrations in concentrate, feed, and mineral salt are shown in Table 10. Mineral concentrations in feed varied widely, and they were extremely

differences among feeds. If cattle were deficient for some minerals, mineral source supplementation with mineral salt or high mineral contained food may be better to improve the deficient conditions of grazing cattle. Since a large number of experiments have shown dramatic production and reproduction benefits from providing mineral supplements that obviously result in high benefit/cost ratios, direct administration of minerals to deficient cattle may be generally the most economical methods of supplementation. Also, mineral concentrations in mineral source must be analysed exactly in mineral supplementation, since the expression of tag in mineral source may be often inaccurate.

Major mineral and trace element concentrations in soil, grass, and serum of cattle at Est. Cordillerita are shown in Table 11 and 12. Since P, Na, Zn, and Cu concentrations in soil and pasto nativo were very low, P, Na, Zn, and Cu may be deficient at Est. Cordillerita and low concentrations of those in pasto nativo may be mainly due to low concentrations in soil. Also, there may be mineral imbalances by excesses of Fe and Mn in pasto nativo. These facts coincided with the results at Est. Buena Vista, Barrerito, and Quyyuyo of R. Oriental. Also, mineral concentrations in pasto nativo of monte were higher than those of campo, and except for Fe and Mn, mineral concentrations in malezas were high. In detecting mineral deficiency of grazing cattle, animal tissue mineral concentrations are often better indicators of the mineral status in cattle than either plant or soil concentrations, and serum or blood are widely used for diagnosing. Compared to critical level of mineral concentrations in serum, Ca, P, Mg, and Zn concentrations were higher but Cu was same value. Therefore, judging from soil, grass, and serum analysis, there may be borderline Cu deficiency of cattle at Est. Cordillerita, but it is not apparent that there may be borderline P, Na, and Zn deficiencies. However, another method is needed on diagnosing P status in cattle, because P concentration in pasto nativo was very low and hemolysis occurred at serum sampling.

Mineral concentrations in serum of cattle obtained from many farms in Paraguay are shown in Table 13. Mineral concentrations in serum were slightly different at each farms. Also, Ca, P, and Mg concentrations in serum were almost higher than for critical level, but Cu concentration were often lower. Therefore, judging from serum analysis as well as soil and grass analysis, there may be borderline Cu deficiency of grazing cattle in Paraguay. Although hemolysis often occurred at serum sampling and mineral concentrations,

ospecially P, were slightly changed in this study, these data may be important as basic data in comparison of another data in future. Also, borderline P deficiency may be severe problem in Paraguay because of low concentration in grass, although P concentration in serum was high.

Mineral concentrations in bone and liver of cattle are shown in Table 14. Mineral concentrations in the body of cattle were extremely different in each organs. It is considered that Bone is better indicator of Ca and P status of cattle than another analysis and liver is better of Cu status, since bone and liver are main storage organs of those elements in the body. Compared to critical level of Ca and P in bone, P concentration was higher but Ca was lower. However, it is not clear that there may be P deficiency of cattle at Est. Cordillerita, because data was limited on only one sample. Also, Cu concentration in liver was very different between 2 samples. It is considered from liver analysis that one cattle was sufficient for Cu, but another cattle was severe Cu deficiency. Since bone and liver are very useful in diagnosing P and Cu status in cattle, it is necessary to collect many samples from different areas and diagnose mineral status in cattle in Paraguay.

It is recognized that most of mineral requirements were not established with Zebu cattle nor with cattle living under tropical countries, and mineral requirement of Zebu cattle or cattle living under tropical countries may be different from European breeds. In this study, there were many findings of mineral nutrition of grazing cattle in Paraguay, but further study is needed to evaluate mineral status in grazing cattle. Also, it is more necessary, in future, to clarify the mineral requirement for grazing cattle in Paraguay in order to improve the productivity of grazing cattle.

Summary

This study is conducted to evaluate the effect of many factors on mineral status in grazing cattle in Paraguay and improve the productivity of grazing cattle.

The results obtained were as follows:

1. Phosphorus, Na, Zn, and Cu were severe deficient in pasto nativo at Est. Buena Vista and Barrerito, and K was borderline deficient. There may be mineral imbalances of by excesses of Fe and Mn in pasto nativo.

2. Grazing cattle at Est. Buena Vista and Barrerito may be deficient for P, Na, Zn, and Cu throughout the year, since there may be not seasonal changes of those concentrations in pasto nativo.

3. Low Concentrations of P, Na, K, Zn, and Cu in pasto nativo at R. Oriental may be mainly due to low concentrations of those in soil. Excesses of Fe and Mn in pasto nativo may be due to other factors rather than those concentrations in soil.

4. It is difficult to diagnose mineral status of cattle from soil analysis within one farm or narrow areas, but grass analysis may be important. It is suggested that artificial pasture contains mineral at high levels compared to pasto nativo, and within pasto nativo, monte is more riched than campo.

5. Mineral content and mineral balance in grass at Chaco may be almost sufficient for grazing cattle, but there may be borderline Cu deficiency of grazing cattle.

6. Water contains very small amounts of mineral. Grazing cattle may ingest most of mineral from grass, but soil may act partly important role on trace element intake. Mineral concentrations in concentrate and feed were extremely differences among feeds.

7. There may be both mineral deficiencies of P, Na, Zn, and Cu and mineral imbalances by excesses of Fe and Mn in pasto nativo at Est. Cordillerita. Judging from serum analysis, there may be borderline Cu deficiency of cattle.

8. Calcium, P, and Mg concentrations in serum of cattle were almost adequate, but Cu concentration was low. It is suggested that there may be borderline Cu deficiency of grazing cattle in Paraguay and borderline P deficiency was severe problem in Paraguay because of low P concentration in pasto nativo.

References

1. Agricultural Research Council., The nutrient Requirements of Ruminant Livestock. 2nd. ed. C. A. B. London. 1980.
2. McDowell, L. R., Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press. New York. 1985.
3. Miller, W. J., Dairy Cattle Feeding and Nutrition. Academic Press. New York. 1979.
4. National Research Council., Nutrient Requirements of Beef Cattle. 6th. ed. NAS. Washington, D. C. 1984.
5. Underwood, E. J., Trace Elements in Human and Animal Nutrition. 4th. ed. Academic Press. New York. 1977.
6. Underwood, E. J., The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd. ed. C. A. B. London. 1981.

Tabla 1. COMPARACION ENTRE CONTENIDO DE MACROELEMENTOS EN PASTOS DEL PARAGUAY EN 1985
Y REQUERIMIENTOS MINERALES DEL GANADO DE CARNE (NRC, 1984)

Origen	Pasto	No. de muestras	Ca	P	Mg	K	Na
			% sobre base seca				
Rarrerito	Pasto Nativo	4	0.240 + 0.028	0.073 + 0.009	0.118 + 0.034	0.509 + 0.213	0.017 + 0.012
B. Vista	Pasto Nativo	4	0.245 + 0.027	0.075 + 0.014	0.160 + 0.035	0.492 + 0.192	0.017 + 0.011
F.C.V.	Pangola	4	0.511 + 0.059	0.183 + 0.025	0.326 + 0.233	1.227 + 0.073	0.196 + 0.125
	Colonial	4	0.662 + 0.242	0.171 + 0.038	0.530 + 0.123	1.460 + 0.187	0.070 + 0.104
	B. Decumbens	4	0.549 + 0.067	0.170 + 0.008	0.597 + 0.140	1.330 + 0.312	0.018 + 0.013
	Setaria Anceps	4	0.609 + 0.182	0.200 + 0.014	0.354 + 0.090	1.761 + 0.579	0.394 + 0.075
	Gatton Panic	4	0.891 + 0.171	0.206 + 0.052	0.566 + 0.097	1.034 + 0.340	0.293 + 0.049
	Green Panic	3	0.758 + 0.218	0.210 + 0.097	0.483 + 0.138	1.475 + 0.346	0.200 + 0.071
Valor sugerido (NRC)			— * —	— * —	0.10	0.65	0.08
rango (NRC)			(0.23)	(0.18)	0.05 - 0.25	0.5 - 0.7	0.06 - 0.10

* Ca y P son muy importantes en la nutrición del ganado de carne para aspectos de la producción, como peso corporal, sexo y ganancia de peso; el dato paréntesis es el menor considerado (vaquilla, peso vivo 272 Kg, ganancia de peso / día. 0,23 Kg)

Tabla 2. COMPARACION ENTRE CONTENIDO DE MICROELEMENTOS EN PASTOS DEL PARAGUAY (MUESTRAS OBTENIDAS EN 1985) Y REQUERIMIENTOS MINERALES PARA GANADO DE CARNE (NRC, 1984)

Origen	Pasto	No. de muestras	Fe	Zn	Cu	Mn
			ppm sobre base seca			
Barrerito	Pasto Nativo	4	160 + 61	13.4 + 1.4	2.0 + 0.5	486 + 73
B. Vista (R.O)	Pasto Nativo	4	576 + 456	17.0 + 4.2	2.9 + 1.5	685 + 185
F.C.V.	Pangola	4	562 + 207	32.8 + 4.8	4.7 + 1.0	471 + 254
	Colonial	4	225 + 128*	30.1 + 14.3*	3.8 + 1.5*	284 + 60
	B. Decumbens	4	471 + 434	29.2 + 1.8	4.8 + 0.8	228 + 49
	Seteria Anceps	4	524 + 224	38.7 + 7.6	8.4 + 1.2	300 + 111
	Catton Panic	4	427 + 240	30.6 + 6.7	5.0 + 1.6	175 + 32
	Green Panic	3	361 + 113	35.4 + 8.9	3.9 + 1.2	186 + 48
Valor sugerido (NRC)						
			50	30	8	40
rango (NRC)						
			50 - 100	20 - 40	4 - 10	20 - 50

* 3 muestras

Tabla 3. CONCENTRACION DE ELEMENTOS MAYORES EN PASTO NATIVO DE BUENA VISTA Y BARRERITO EN PARAGUAY
 DE ESTACION SECA Y LLUVIOSA DURANTE 1985 Y 1986 (% en base seca)

	Nc. de muestras	Ca	P	Mg	Na	K
B. Vista (R. Oriental)						
seca (Mar - Agost)	4	0.251 + 0.036	0.09 + 0.024	0.168 + 0.051	0.026 + 0.018	0.667 + 0.345
lluviosa (Sep - Feb)	4	0.284 + 0.164	0.087 + 0.045	0.179 + 0.136	0.019 + 0.02	0.448 + 0.159
Barrerito (R. Oriental)						
seca (Mar - Agost)	4	0.234 + 0.035	0.089 + 0.030	0.114 + 0.019	0.015 + 0.012	0.603 + 0.129
lluviosa (Sep - Feb)	4	0.249 + 0.055	0.093 + 0.036	0.111 + 0.038	0.012 + 0.007	0.553 + 0.224

Table 4 . CONCENTRACION DE ELEMENTOS TRAZA EN PASTO NATIVO DE BUENA VISTA Y BARRERITO EN PARAGUAY DE ESTACION SECA Y LLUVIOSA DURANTE 1985 Y 1986 (ppm en base seca)

	No. de muestras	Fe	Zn	Cu	Mn
B. Vista (R. Oriental)					
seca (Mar - Agost)	4	676 + 375	21.4 + 5.2	4.13 + 1.63	735 + 121
lluviosa (Sep - Feb)	4	491 + 382	18.6 + 5.5	3.13 + 1.28	565 + 114
Barrerito (R. Oriental)					
seca (Mar - Agost)	4	238 + 245	15.4 + 3.5	3.10 + 2.49	426 + 106
lluviosa (Sep - Feb)	4	282 + 126	19.5 + 6.0	2.38 + 0.40	524 + 82

Table 5. CONTENIDO MINERAL EN MACROELEMENTOS DEL SUELO Y PASTOS DE 5 ESTANCIAS DEL PARAGUAY (Regiones Oriental y Occidental)

	Ca	P	Mg	Na	K
Suelo					
B. Vista (Misiones) R. Oriental	0.059	0.015	0.049	0.012	0.035
Barrerito "	0.087	0.012	0.039	0.018	0.055
Quyquyo "	0.109	0.010	0.050	0.012	0.103
B. Vista (Chaco)	0.097	0.043	0.178	0.059	0.383
Pozo Azul (Chaco)	0.068	0.028	0.199	0.060	0.500
Pasto Nativo					
B. Vista (Misiones) R. Oriental	0.524	0.151	0.377	0.049	0.582
Barrerito "	0.326	0.146	0.143	0.012	0.509
Quyquyo "	0.552	0.164	0.284	0.005	1.262
B. Vista (Chaco)	0.311	0.241	0.137	0.151	0.952
Pozo Azul (Chaco)	0.220	0.312	0.164	0.053	2.102
Valor sugerido (NRC)	(0.23)	(0.18)	0.10	0.08	0.65

Table 6. CONTENIDO EN MICROELEMENTOS DEL SUELO Y PASTOS NATIVOS DE 5 ESTACIONES DEL PARAGUAY, R. ORIENTAL Y OCCIDENTAL (ppm en base seca)

	Fe	Zn	Cu	Mn
Suelo				
B. Vista (Misiones) R. Oriental	7328	15.2	2.75	425
Barrerito "	7947	15.8	3.76	66
Quyquyo "	7715	13.7	4.05	250
B. Vista (Chaco)	10825	36.6	7.88	145
Pozo Azul "	10651	26.3	4.62	127
Pasto Nativo				
B. Vista (Misiones) R. Oriental	652	26.0	4.40	599
Barrerito "	470	25.4	2.52	613
Quyquyo "	592	29.0	7.83	259
B. Vista (Chaco)	331	38.1	5.33	252
Pozo Azul "	224	24.7	4.30	47
Valor superior (NRC)	50	30	8	40

Table 7. CONTENIDO EN MACROELEMENTOS DEL SUELO Y PASTOS DE 6 AREAS DE LA ESTAN-
CIA POZO AZUL (Region Occidental del Paraguay)(% en base seca)

	Ca	P	Mg	Na	K
Suelo					
Pasto nativo	0.068	0.028	0.199	0.060	0.500
Campo	0.177	0.045	0.329	0.072	0.973
Monte	0.182	0.099	0.292	0.041	0.723
Colonial - 1	0.192	0.059	0.192	0.037	0.443
Colonial - 2	0.555	0.122	0.299	0.037	0.925
Bermuda	0.232	0.092	0.381	0.074	1.015
Pastos					
Pasto nativo	0.220	0.312	0.164	0.053	2.102
Campo	0.516	0.306	0.345	0.191	2.210
Monte	0.338	0.507	0.162	0.596	2.441
Colonial - 1	0.359	0.615	0.356	0.082	2.246
Colonial - 2	0.499	0.386	0.151	0.022	2.857
Bermuda	0.714	0.521	0.250	0.041	2.329

Table 8. CONTENIDO EN MICROELEMENTOS DEL SUELO Y PASTOS DE 6 AREAS DE LA ESTANCIA POZO AZUL (R. Occidental) DEL PARAGUAY

	Fe	Zn	Cu	Mn
SUELO				
Pasto nativo	10651	26.3	4.62	127
Campo	14124	40.1	12.93	77
Monte	12996	52.8	12.31	212
Colonial - 1	10462	34.0	9.04	146
Colonial - 2	12330	52.6	16.13	341
Bermuda	17278	55.9	17.90	425
PASTO				
Pasto nativo	224	24.7	4.30	47
Campo	248	29.8	7.74	293
Monte	108	20.1	2.28	57
Colonial - 1	184	69.6	1.86	33
Colonial - 2	77	20.7	5.47	63
Bermuda	194	53.0	6.37	162

Table 9. CONTENIDO MINERAL DEL AGUA Y SUELO DE LA F.C.V.

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn
Agua	ppm								
Agua de tanque	4.18	-	1.53	1.87	1.07	0.04	0.86	-	0.002
Agua destilada	0.20	-	0.005	-	-	0.02	0.003	-	-
Suelo	% en base seca				ppm en base seca				
Area fertilizada	0.22	0.048	0.033	0.021	0.096	11498	16.5	10.8	319
Area no fertilizada	0.16	0.068	0.039	0.020	0.096	11769	14.2	10.9	283

— ; no detectado

TABLE 10 CONTENIDO DE ALIMENTOS DEL PARAGUAY MUESTREO (1985)

FEED	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn
	% seco al aire y en bs				ppm seca al aire y en bs				
	0.88	0.20	0.38	0.77	1.36	474	75.4	14.2	54
Balanceado p/ lecheras	0.88	0.20	0.38	0.77	1.36	474	75.4	14.2	54
Balanceado p/ cerdos	0.76	0.20	0.36	0.09	1.11	218	123.0	13.7	17
Balanceado p/ ponedoras	2.58	0.11	0.19	0.08	0.89	340	51.4	9.1	73
Granos de soja	0.26	0.42	0.23	0.01	1.99	195	44.8	12.1	31
Harina de soja	0.34	1.23	0.29	0.01	2.38	642	63.8	17.1	48
Expeller de Algodón	0.29	1.16	0.66	0.22	1.74	164	73.6	16.0	26
Expeller de Maní	0.18	0.45	0.28	0.01	1.08	678	48.0	12.2	47
Harina de Carne	12.75	6.58	0.24	0.41	0.25	166	70.8	15.1	7
Harina de Huesos	24.95	11.35	0.40	0.38	0.05	791	96.7	8.5	32
Sal Mineral	18.30	11.88	0.06	0.24	0.10	5033	12.7	137	49

Table 11. CONTENIDO EN MACROELEMENTOS DEL SUELO, PASTO Y SUERO SANGUINEO BOVINO DE LA ESTANCIA CORDILLERITA (R.Oriental) DEL PARAGUAY

	Ca	P	Mg	Na	K
Suelo	% en base seca				
Alto	0.064	0.016	0.051	0.009	0.068
Bajo	0.023	0.014	0.038	0.009	0.057
Pasto	% en base seca				
Pasto nativo					
campo - alto	0.203	0.060	0.092	0.005	0.630
monte - alto	0.344	0.154	0.208	0.010	1.776
campo 1 - bajo	0.257	0.126	0.187	0.009	0.754
campo 2 - bajo	0.214	0.126	0.183	0.004	0.973
malezas	0.450	0.184	0.260	0.008	1.256
Suero sanguíneo ¹⁾	m g/100 ml				
	9.12 ± 1.60	8.09 ± 2.05	3.22 ± 0.60	265.8 ± 32.8	19.7 ± 5.4

1) Significa ± D.S. de 8 animales.

Table 12. CONTENIDO DE MICROELEMENTOS EN SUELO, PASTOS Y SUERO SANGUINEO BOVINO DE LA ESTANCIA CORDILLERITA (R.Oriental) DEL PARAGUAY

	Fe	Zn	Cu	Mn
Suelo	ppm on dry basis			
alto	12323	19.8	5.45	147
bajo	6126	16.9	4.76	23
Pasto	ppm on dry basis			
Pasto nativo				
campo - alto	446	13.9	4.19	205
monte - alto	1330	34.0	9.02	623
campo 1 - bajo	1913	23.3	4.92	493
campo 2 - bajo	433	19.2	4.02	169
Malezas	326	21.2	11.40	152
Suero sanguíneo ¹⁾	µg / ml			
	1.69 ± 0.84	0.90 ± 0.18	0.65 ± 0.18	—

1) Significa + D.S. de 8 animales

— : no detectado.

Table 13. CONTENIDO MINERAL DEL SUERO SANGUINEO BOVINO DE 10 ESTANCIAS DEL PARAGUAY

ESTANCIA	SEXO	NO. DE MUES- TRAS	Ca	P	Mg	Na	K	Cu	
			mg / 100 ml						µg/ ml
Pardo Suizo									
F.C.V.	♀	10	6.92 ± 1.42	8.69 ± 1.63	3.48 ± 0.88	263.2 ± 57.7	15.2 ± 2.3	0.61 ± 0.26	
Nelore									
Encarnación	♀	10	11.03 ± 0.85	12.06 ± 1.70	2.34 ± 0.23	317.1 ± 11.3	31.3 ± 4.4	0.63 ± 0.13	
Anembay	♀	10	9.73 ± 0.62	9.54 ± 0.85	2.49 ± 0.20	320.2 ± 7.8	35.8 ± 4.0	0.75 ± 0.10	
Concepción	♂	10	9.83 ± 0.51	9.09 ± 1.29	2.14 ± 0.19	316.6 ± 5.5	27.1 ± 2.5	0.85 ± 0.04	
Mestiza									
Ypané	♀	10	7.61 ± 1.21	7.35 ± 0.96	1.96 ± 0.26	299.8 ± 28.5	20.7 ± 2.9	0.60 ± 0.15	
Ypané	♀	10	9.32 ± 0.58	8.07 ± 0.89	2.24 ± 0.15	334.8 ± 7.7	21.2 ± 2.2	0.57 ± 0.14	
San Pedro	♀	10	10.25 ± 0.39	6.72 ± 1.34	2.64 ± 0.17	313.2 ± 17.5	26.9 ± 2.7	0.75 ± 0.15	
B. Vista (Chaco)	♀	10	8.64 ± 1.02	8.97 ± 1.89	1.96 ± 0.21	306.2 ± 28.3	35.8 ± 7.0	0.53 ± 0.20	
Pozo Azul	♀	10	8.59 ± 0.94	8.00 ± 0.94	2.29 ± 0.24	327.0 ± 12.4	31.5 ± 2.8	0.47 ± 0.07	
Vaca Retá	♀	10	8.62 ± 0.92	7.39 ± 0.77	1.86 ± 0.30	333.6 ± 10.1	20.1 ± 3.2	0.25 ± 0.14	
Niveles críticos	1)		8	4.5	1 - 2	-	-	0.65	

1) De acuerdo a McDowell

Tabla 14. CONTENIDO MINERAL EN HUESO E HIGADO DE BOVINO EN PARAGUAY

	Ca	P	Mg	Na	K	Fe	Zn	Cu	Mn
HUESO	— % en base a ceniza de hueso —		— % en base a ceniza de hueso —		— ppm en base a ceniza de hueso —				
	33.3	19.6	0.317	0.467	0.073	13961	184	132	80
HIGADO	— % en base seca —		— % en base seca —		— ppm en base seca —				
1.	0.001	1.76	0.064	0.255	1.04	216	145	191.9	5.7
2.	0.007	1.68	0.064	0.225	1.17	340	239	3.3	6.9
Nivel critico ³⁾									
HUESO	37.6	18.6	-	-	-	-	-	-	-
HIGADO	-	-	-	-	-	-	-	25-75	6

1) de Est. Cordillerita, 2) obtenido del matadero Municipal de San Lorenzo, 3) de acuerdo con McDowell.

1. INTRODUCCION

En los países tropicales, las deficiencias minerales, desbalances y toxicidad son más frecuentes observados en rumiantes en pastoreo, reduciendo la productividad del ganado. De acuerdo con McDowell, el mineral probablemente más deficiente para el ganado en pastoreo en zonas tropicales es el fósforo (P), seguido del Cobre (Cu) y Cobalto (Co). También deficiencias de sodio (Na), yodo (I) y selenio (Se) así como toxicidades de Se, Molibdeno (Mo) y Fluor (F) han sido detectados en los países tropicales. Además, la investigación de otros minerales como calcio (Ca), Magnesio (Mg), Potasio (K), Hierro (Fe), Zinc (Zn) y Manganeso (Mn) pueden ser importantes ya que existen numerosas informaciones de deficiencia o toxicidad en rumiantes en países tropicales de América Latina, África y Asia.

Existe muy poca información sobre la nutrición mineral de animales en pastoreo en el Paraguay. En la F.C.V. solo Ca, P y Mg en pastos han sido determinados. Por lo tanto, es necesario efectuar investigaciones sobre nutrición mineral en el Paraguay, para que sea posible incrementar la productividad del ganado en pastoreo a partir de los resultados de dichas investigaciones.

En primer lugar la preparación de las muestras para determinación de minerales en agua, suelo, pastos, alimentos, suero y tejido en el ganado, así como los métodos analíticos son muy importantes, por lo cual esta actividad ocupó la primera fase de nuestro trabajo en el Laboratorio de Nutrición Animal. Fueron determinados por espectrofotometría de Absorción atómica, Ca, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu y Mn y por calorimetría determinación de P con el método ya utilizado anteriormente. En segundo lugar, se efectuó colección de muestras de varias estancias a fin de analizar la concentración de minerales.

Por último, fué evaluado el efecto de varios factores que actúan sobre el nivel mineral del ganado en el Paraguay, mediante lo cual se puede sugerir el suplemento mineral en relación a la nutrición de estos animales.

3. Investigación del estado mineral en pastoreo

Deficiencias minerales, desbalances y toxicidades en ganado de pastoreo son reportados de muchos países tropicales. También, el límite o deficiencia moderada es de gran importancia económicamente, como esta muy difundido y afecta a un número de animales en países tropicales con deficiencias severas.

El límite de deficiencias minerales del ganado es probable que reduzca la producción de leche, tasa de crecimiento y reproducción. Aunque es muy difícil diagnosticar el límite de deficiencia en ganado de campo, detectando el límite de deficiencia es necesario incrementar la productividad del ganado.

Deficiencias y excesos de minerales tienen que ser establecidos con análisis de suelo, agua, planta y tejido animal, análisis de minerales de pastura natural consumido por el ganado de campo es básico para determinar el estado mineral. De cualquier modo, las concentraciones de minerales en el tejido animal son los mejores indicadores del estado mineral de ganado de campo. Como es difícil estimar el forraje consumido y la digestibilidad de las plantas analizadas, también el análisis de suelo limita el diagnóstico porque no está en relación directa al mineral que contiene el pasto.

En el Paraguay, el estado mineral en ganado a campo no ha sido bien estudiado, solamente concentraciones de Ca, P y Mg en pasto se han determinados en la F.C.V. Por tanto, puede ser muy importante el análisis de la concentración mineral en suelo, pasto y tejidos animal en Paraguay de manera a clarificar el estado mineral del ganado a campo. También, puede ser posible el incremento de productividad del ganado a campo, si el estado mineral del ganado es conocido y luego, hacer un tratamiento provechoso en el ganado deficiente. Este estudio es, desde luego conducido a evaluar el efecto de muchos factores que actúan sobre el estado del ganado en el Paraguay y mejorar la productividad.

Materiales y métodos

Fueron utilizados para el análisis pastos de las Est. Buena Vista y Barrerito del año 1985 - 1986, pastos obtenidos de la F.C.V. durante 1985, concentrados y otros alimentos correspondiendo a 1985.

Muestras de suelo y pasto fueron analizadas de las Est. Buena Vista, Barrerito y Quyyuyó de la Región Oriental y de Pozo Azul y Est. Buena Vista del Chaco en octubre y noviembre de 1986. También fueron analizadas muestras de agua y suelo de la F.C.V. obtenidas en octubre de 1986.

Muestras de suero de ganado Pardo Suizo de la F.C.V. tomadas de la vena yugular y muestras de suero facilitadas por SENACSA, además suero, pasto, suelo y hueso colectados de la Est. Cordillerita en noviembre de 1986 e hígado de ganado proveniente de Pozo Colorado (Chaco) obtenido del Matadero Municipal de San Lorenzo también se han analizado.

La preparación de muestras y métodos analíticos han sido descritos anteriormente. Las concentraciones de Ca, P, Mg, Na, K, Fe, Zn, Cu y Mn de estas muestras fueron determinadas en la F.C.V. pero las muestras de pastos y alimentos obtenidos durante 1985 fueron analizadas en la Universidad de Obihiro.

Resultados y discusión

Las concentraciones de macro y micronutrientes en pastos obtenidos de las Est. Buena Vista, Barrerito y F.C.V. nos muestran las tablas 1 y 2. Las concentraciones de los macronutrientes en pasto nativo de la Est. Buena Vista y Barrerito fueron significativamente bajos con relación a los de la F.C.V. comparados a valores sugeridos por standards NRC, P y Na fueron altamente deficientes en pasto nativo de la Est. Barrerito y Buena vista, aunque el K estuvo en el límite de deficiencia y el Ca y Mg fueron casi adecuados. De cualquier manera, las concentraciones de macronutrientes en pastos de la F.C.V. pueden ser adecuados para el ganado, como fueron más altos que los de NRC. También Zn y Cu son altamente deficientes en pastos nativo de la Est. Barrerito y Buena Vista, aunque las concentraciones de Fe y Mg fueron a niveles altos. Además, la concentración de Cu está en el límite de deficiencia para el ganado.

Las concentraciones de los macro y micronutrientes en pasto nativo de la Est. Barrerito y Buena Vista durante las estaciones seca y lluviosa nos muestran las tablas 3 y 4.

Tal vez no haya cambios estacionales en la concentración de minerales en pasto nativo, porque las concentraciones de mineral en estos pastos fueron similares en ambas estaciones, seca y lluviosa.

También, las concentraciones minerales, especialmente P, Na, Zn y Cu, en pastos nativos de la Est. Barrerito y Buena Vista pueden ser deficientes para el ganado durante todo el año, aunque las concentraciones de Fe y Mn fueron muy altas. Por eso, el ganado de la Est. Buena Vista y Barrerito pueden ser deficientes en P, Na, Zn y Cu durante todo el año, si no es suplementado con mezcla mineral u otro alimento. También, ahí puede haber un desbalance por exceso de Mn y Fe, como los excesos de Mn y Fe interfieren otros minerales., Así, con un buen manejo de pastura y alimentación, tales como fertilización y suplementación mineral respectivamente, es necesario en la Est. Barrerito y Buena Vista, de manera o incrementar la productividad del ganado. En este caso, es también necesario prestar atención al valor energético y protéico del alimento suministrado. De esa manera, la ganancia diaria del ganado puede ser incrementado en la estación

lluviosa; una suplementación mineral puede ser provechosa para mejorar la tasa de crecimiento y la reproducción.

Las concentraciones de macro y micronutrientes en suelo y pasto nativo de la Región Oriental y el Chaco están _____ en las tablas 5 y 6. Comparando el Chaco (Est. Buena Vista y Pozo Azul), las concentraciones de macronutrientes, excepto el Ca, en suelo de la Región Oriental (Est. Buena Vista, Barrerito y Quyquyó) fueron muy bajas. Así las concentraciones de P, Na y K en pasto nativo de la Región Oriental fueron también muy bajas, aunque la concentración de Mg en pasto nativo de la Región Oriental fué ligeramente más alto que el Chaco, sin embargo la concentración de Ca en el suelo fué casi similar en ambas regiones Oriental y Chaco, aunque en el pasto nativo de la Región Oriental fué ligeramente más alto, puesto que la concentración de Zn y Cu en el suelo de la Región Oriental fueron ligeramente más bajas, al igual que el pasto nativo sin embargo aquello no fué bien aclarado por la directa inter relación entre la concentración de Fe y Mn en el suelo y pasto nativo, puesto que la concentración de Fe en el suelo y pasto fué edversa a la interrelación entre la Región Oriental y Chaco, y la concentración de Mn en el pasto nativo de la Est. Barrerito fué alta, pero mas baja en el suelo. Por eso la baja concentración de P, Na, K, Zn y Cu en el pasto en la Región Oriental puede ser debido principalmente a la baja concentración de esos en el suelo.

Sin embargo, excesos de Fe. y Mn en el pasto nativo de la Región Oriental puede ser debido en parte a esas concentraciones en el suelo, pero otros factores tal como tipo de suelo y nivel provechoso de Fe y Mn en el suelo puede ser importante en este caso,

La concentración de los minerales mayores y de los minerales trasas del pasto y suelo de la Est. Pozo Azul son mostrados en la tabla 7 y 8. La concentración en el suelo y pastos en la estancia Pozo Azul varió mucho y esa no hubo quizás directa interrelación entre la concentración en el suelo y el pasto. Esta es una sugestión de modo que es difícil de diganosticar deficiencia de minerales a partir del análisis del suelo _____ de una estancia o pequeñas áreas, sin embargo el análisis de patos puede ser importante para diagnosticar el estado mineral en el ganado, ya que algunas interacciones entre concentraciones minerales en algunas pasturas pueden ocurrir.

Comparando las concentraciones minerales en pastos nativos de campo y de monte, se ha detectado que los niveles de P, Na y K en el segundo son mayores, siendo la concentración de microelementos, menor (tabla) También, las concentraciones minerales en praderas cultivadas como colonial, _____, excepción hecha para Na y Fe fueron mayores que en el pasto nativo (tabla 1 y 2). Por tanto esto sugiere que las praderas artificiales contienen mayores niveles minerales comparadas al pasto nativo, siendo las áreas de monte las de mayor riqueza mineral. También, el contenido mineral y las relaciones de los mismos en los pastos del Chaco parecen ser suficientes para el ganado en pastoreo, comparado a la Región Oriental. De cualquier manera, se debe prestar mucha atención a la probable deficiencia de Cu en el Chaco ya que demuestran poseer niveles en el límite menor de requerimientos en el pasto.

Las concentraciones minerales en el agua y suelo de la F.C.V. se ven en la tabla 9.

Para el ganado en pastoreo sin suplementación, los minerales derivan principalmente del forraje, suelo y agua, pero la mayor parte se ingiere através de la pastura. Realizado el estudio del contenido mineral del agua, se ha detectado en ella niveles extremadamente bajos, comparada a aquellos de los pastos; por lo tanto, la contribución mineral del agua, al nivel de ingestión del ganado es muy escasa. Sin embargo, el agua puede ser una fuente importante de Zn para el ganado en pastoreo ya que han obtenido niveles relativamente altos en ella. Además, la concentración de macroelementos en el suelo fué significativamente menor que en el pasto, siendo por el contrario las concentraciones de microelementos en el suelo similares a aquellas de los pastos, especialmente en lo que se refiere al Fe, cuya concentración en el suelo es extremadamente alta. De cualquier manera, el suelo puede cumplir un rol muy importante como fuente de ingestión de microelementos para el ganado en pastoreo en áreas deficientes en ellos, pero la mayoría de los macroelementos debe ser ingerida por el pasto.

Las concentraciones minerales en concentrado alimentos y sales minerales aparecen en la tabla 10. Las concentraciones minerales en los alimentos varían ampliamente y son extremadamente diferentes ya que son para diferentes especies y categorías animales. Si existieran algunas deficiencias minerales en el ganado, la fuente de suplementación puede ser la sal mineral, o el contenido mineral del alimento de tal forma a regular la condición deficitaria del ganado. Existe un gran número de trabajos de experimentación que demuestran situaciones dramáticas de producción y reproducción que fueron enormemente mejoradas por medio de la suplementación mineral resultando abviamente en altos beneficios sobre el costo, la administración directa de minerales a animales deficientes es generalmente el método más económico de suplementación. También, la concentración mineral en las fuentes minerales (Ej. fosfato monocalcio) debe ser exactamente analizada a fin de elaborar la mezcla con las proporciones minerales correctas.

Las concentraciones de macro y microelementos en suelo, pasto y suero de animales de la Est. Cordillerita aparecen en las tablas 11 y 12, donde las concentraciones de P, Na, Zn y Cu son deficientes. Estas deficiencias se deben a los bajos niveles de microelementos en el pasto, lo que a su vez obedece a los bajos niveles en suelo. Además existen aparentemente desbalances minerales por exceso de Fe y Mn en el pasto nativo. Esta apreciación coincide con los resultados de las Est. Buena Vista, Barrerito y Quyquyó de la Región Oriental. Además, las concentraciones minerales en pastos nativos de monte siempre son mayores que en los de campo a excepción de Fe y Mn cuyas concentraciones en las malezas fué menor. Cuando se determinan los niveles minerales en el ganado en pastoreo, los niveles minerales en el tejido animal son los mejores indicadores del estado mineral del ganado y por consiguiente de las concentraciones minerales en plantas y suelo (ganado sin suplementación mineral), el suero y la sangre de animales son ampliamente utilizados para el diagnóstico. Comparados a los niveles críticos de las concentraciones minerales en el suero de Ca, P, Mg, y Zn, éstas fueron mayores que las de Cu. Además, si juzgamos por los análisis de pastos, suelo y suero existen deficiencias de Cu en el ganado de la estancia Cordillerita, sin embargo aparentemente no

existirían deficiencias de Na, P y Zn. De cualquier forma son necesarios otros métodos de diagnóstico del estado de P del ganado, ya que las concentraciones de P en el pasto nativo fueron muy bajas existiendo además hemólisis de las muestras estudiadas de sangre.

Las concentraciones minerales en el suero del ganado de varias estancias del Paraguay aparecen en la tabla 13. Los resultados fueron poco diferentes entre estancias. Además los niveles de Ca, P y Mg en el suero fueron casi altos comparados con los niveles críticos, pero la concentración de Cu fué siempre baja, por lo tanto juzgando através del análisis de suelo, suero y pastos existiría deficiencia de Cu en el ganado mantenido a campo en el Paraguay.

La hemólisis que ocurre frecuentemente en las muestras de suero sanguíneo puede alterar los resultados de las concentraciones minerales especialmente P, como aparentemente ocurrió en este estudio. Estos datos son importantes de conocer para tenerlos en cuenta en estudios futuros ya que aparentemente la deficiencia de P puede ser un severo problema en la Región Oriental debido a las bajas concentraciones encontradas en los pastos. Los niveles minerales en hueso e hígado animal aparecen en la tabla 14. Las concentraciones minerales en el organismo animal son estremadamente diferentes en cada tejido. Se considera que el hueso es el mejor indicador del estado de Ca y P del ganado mientras que es mejor determinar su estado de Cu en el hígado ya que el hueso y el hígado son los reservorios de estos elementos. Comparado a los niveles críticos esperados de Ca y P en el hueso, la concentración de P fué mayor, pero Ca fué menor, sin embargo con estos análisis no pudo observarse claramente si hubo deficiencias de P en el ganado de la estancia Cordillerita, ya que el número de muestras estudiadas fue insuficiente, también la concentración de Cu en el hígado fué muy diferente entre 2 muestras apareciendo en el análisis un animal con suficiente Cu y el otro con severa deficiencia.

Ya que el hueso e hígado son los tejidos más utilizados para diagnóstico de los niveles orgánicos de P y Cu en el ganado, es necesario coleccionar un gran número de muestras de diferentes áreas del país, minimizando así el error para determinar el mapeo.

Está reconocido que los requerimientos minerales en el ganado Zebú que vive en países subtropicales no han sido establecidos y los requerimientos de éste o del ganado que vive en países subtropicales pueden ser diferentes a las de origen europeo. En este trabajo, se han encontrado ciertos niveles de nutrición mineral del ganado en pastoreo, pero es necesario en el futuro a fin de establecer mejor los requerimientos para el ganado vacuno en el Paraguay e incrementar su productividad, seguir con estudios más detallados.

RESUMEN

Este estudio conduce a evaluar el efecto de muchos factores sobre el nivel mineral en el ganado a campo del Paraguay para mejorar su productividad.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. El pasto nativo de las Est. Buena Vista y Barrerito es altamente deficiente en P, Na, Zn y Cu, y el K está en el límite de deficiencia. Tal vez este desbalance mineral se deba al exceso de Fe y Mn. existente en el pasto nativo.
2. El ganado de pastoreo de las Est. Buena Vista y Barrerito son deficientes en P, Na, Zn y Cu durante todo el año, ya que no existen cambios estacionales en las concentraciones minerales en el pasto nativo.
3. Las concentraciones bajas de P, Na, K, Zn, y Cu en el pasto nativo de la Región Oriental es principalmente debido a las bajas concentraciones de ellos en el suelo. El exceso de Fe y Mn en el pasto nativo puede ser debido a otros factores y no a la concentración en el suelo.
4. Es difícil diagnosticar el nivel mineral del ganado analizando el suelo de una granja o áreas pequeñas, pero el análisis de pasto es importante. Esto sugiere que la pastura artificial contiene altos niveles de minerales en comparación al pasto nativo y entre los pastos nativos, el de monte es más rico en minerales que el de campo.
5. El contenido mineral y el balance mineral en pastos del Chaco es casi suficiente para el ganado, pero el Cu está en el límite de deficiencia.

6. El agua contiene muy pequeñas cantidades de minerales. El ganado puede ingerir más cantidad de minerales proveniente del pasto, pero el suelo en cierto modo puede cumplir un rol importante en la toma de los micronutrientes. Las concentraciones minerales en concentrados y alimentos son extremadamente diferentes entre ellos.

7. Puede ser que deficiencias minerales de P, Na, Zn, y Cu y desbalances sean por exceso de Fe y Mn en pasto nativo de la Est. Cordillerita. Juzgando por el análisis de suero, el Cu se encuentra en el límite de deficiencia.

8. Las concentraciones de Ca, P y Mg en suero de ganado son casi adecuados, pero la concentración de Cu fué baja. Se ha encontrado que el Cu está en el límite de la deficiencia y el P severamente deficiente en el ganado en pastoreo sobre pastos nativos en el Paraguay.

REFERENCIAS

1. Agricultural Research Council, The nutrient Requirements of Ruminant Livestock. 2nd. ed. C.A.B. London 1980.
2. McDowell, L.R. Nutrition of Grazing Ruminants in Warm Climates. Academic Press. New York, 1985.
3. Miller, W.J., Dairy Cattle Feeding and Nutrition. Academic Press. New York. 1979.
4. National Research Council., Nutrient Requirements of Beef Cattle, 6th, ed NAS. Washington, DC 1984.
5. Underwood, E.J., The Mineral Nutrition of Livestock. 2nd. ed C.A.B. London. 1981.

担当分野：家畜衛生

氏名：西野重雄

派遣期間：昭和60年10月18日～昭和61年11月17日

目 次

繁殖疾病に係る家畜衛生についての総合報告	228
様々な種類の疾病に対する実験室内診断に関する手法と手順（西語）	264
ブルセラに関する研究（西語）	299
乳房炎に関する細菌学的研究（西語）	324
ブルセラ、カンピロバクター、トリコモナスの診断（西語）	331

パラグアイ家畜繁殖改善計画

〈繁殖疾病に係る家畜衛生についての
総合報告〉

1986年12月

担当分野 家畜衛生

氏名 西野 重雄

派遣期間 昭和60年10月18日から昭和61年11月17日まで

目 次

はじめに

I ブルセラ病

1. SENACSA ブルセラ病研究室カウンターパート
2. ブルセラ病診断液の製造
 - 1) 製造上の問題点
 - a) 種菌のムコイド化
 - b) 変異集落の確認
 - c) 雑菌の混入
 - d) 試薬の調達及び器具、機材の維持
 - 2) 製造情況
3. ROSE Bengal法(Card test)の変法と2 ME法の比較
 - 1) Rose Bengal 法の変法
 - 2) 2 ME法の国際単位
 - 3) Rose Bengal の変法と2 ME法との比較
4. ヘモリジンの作成
 - 1) 作成の結果
 - 2) 綿羊血球の兔への接種プログラム
5. チャコ地方における山羊ブルセラ病調査
 - 1) チャコ地方ブルセラ調査メンバーと月日
 - 2) 採材場所、採材頭数及び殺処分頭数
 - 3) 血清反応結果
 - a) 分離例個体の血清反応結果
 - b) 全体の血清反応結果
 - 4) 分離について
 - 5) 分離株の性状について
 - 6) CEPANZO (WHO) からの Br. melitensis Biotype I の確認通知
6. 人から分離されたブルセラ菌の同定と型別

II 牛キャンピロバクター病、牛トリコモナス病

1. カウンターパート

a) 大学微生物学研究室

b) 大学寄生虫学研究室

2. キャンピロバクター、トリコモナスの採材
3. キャンピロバクターの培養
4. キャンピロバクター（腔粘液凝集反応）
5. トリコモナスの培養、観察
6. 演示牧場における牛ブルセラ病、牛キャンピロバクター病、牛トリコモナス病の検査結果
7. プロジェクトサイト内の牧場における検査結果

Ⅲ その他の疾病（乳房炎の細菌検索）

1. 1985. 11～1986. 5までの細菌検査及び抗生剤の感受性テスト
2. 細菌同定を確認培地に、また1mlあたりの細菌数カウントを開始してからの結果
1986. 6～1986. 11

Ⅳ 大学微生物研究室内でのその他の実施事項

1. 馬インフルエンザ抗体調査（HI MICROTRAY法）
2. 馬パラチフスの抗体調査（試験管凝集反応）
3. 馬伝染性貧血ゲル沈反応における非特異反応の除去について
4. レプトスピラ症のスクリーニングテストについて
（ラテックス抗原を使用した血清凝集反応）
5. ニューカッスル病M. gallicepicumとS. puorum等の抗体調査
6. 牛からのクロストリジウム spp の分離について

Ⅴ 家畜衛生全般

おわりに

はじめに

パラグアイ家畜繁殖改善プロジェクト (Mejoramiento de Reproduccion Animal en Paraguay) の家畜衛生担当の長期専門家として昭和60年10月18日から昭和61年11月17日まで1年1ヶ月間パラグアイ国立アスンシオン大学獣医学部及びパラグアイ国家畜衛生センター (SENACSA) にて業務に従事した。家畜衛生センターではブルセラ研究室にて午前中、獣医学部では、微生物学研究室にて午後と2ヶ所に渡り業務を実施することとなった。主たる業務は、家畜の繁殖を阻害する伝染性疾病、特に牛ブルセラ病、牛トリコモナス病、牛カンピロバクター等、流産を主徴とする疾病の調査、診断、予防の改善、普及、指導であった。その他の疾病として乳房炎に係る細菌検索、特にそれら細菌に対する抗生物質感受性試験を中心として実施した。また本プロジェクトに係る疾病ではないが、プロジェクトを遂行するあたり、カウンターパートの家畜衛生技術向上の為、各種疾病抗体調査 (血清凝集反応、血球凝集反応等) を実施した。

プロジェクト開始当時の実行計画によると家畜衛生面は多岐に亘っていたが、昭和60年11月に実施された中間エバリュエーションにより、大幅にその実行計画が縮小された。今まで、この衛生分野での長期専門家は派遣されておらず、(チームリーダーが家畜衛生を担当していた時期はあった。) 短期専門家にて対応して来た経緯があり、実行計画からすると、他分野との比較で立ち遅れが目立った。ブルセラ病については、法定伝染病ということもありブルセラ撲滅計画が実施されており、全国的浸潤度についても把握出来ている。しかし牛トリコモナス病及び牛カンピロバクター病等については、国家的な撲滅計画があるわけではなく全国的調査も実施されてなかったのが実情であった。

そこで12カ所の演習牧場にてこれら疾病のサーベイランスを実施した。そのサーベイランスを通じて診断、同定等実験室ワークを中心とした技術移転を図って来たところである。乳房炎については、当プロジェクト側からの積極的調査は実施せず、大学微生物学研究室に持ち込まれた材料 (牛乳) の細菌学的検索を中心に技術移転を図った。寄生虫学研究室も当プロジェクトサイトではあったが、そのカウンターパートに直接技術移転を図ることは出来なかったが、微生物学研究室とで関係を取りながら作業を進めた。

I ブルセラ病

1985年における地域別検査結果

NUMERO DE LOTE (*) Y BOVINOS SOMETIDOS A PRUEBA DE BRUCELOSIS(***)

SEGUN DEPARTAMENTO DE ORIGEN

AÑO: 1.985

CUADRO No. 2

表 1

県 名	動 物 群					診 断				
	TOTAL	陽性	%	疑陽性	%	頭 数	陽性	%	疑陽性	%
Concepción	29	11	38.0	5	17.2	2,297	204	8.8	118	5.1
San Pedro	45	14	31.1	10	22.2	1,233	37	3.0	36	2.9
Cordillera	25	4	16.0	1	4.0	1,132	9	0.8	2	0.2
Guaira'	2	-	-	1	50.0	16	-	-	1	6.3
Caaguazú	147	13	8.8	12	8.2	2,592	27	1.0	80	3.1
Caazapa'	6	-	-	2	-	128	-	-	2	1.6
Itapúa	61	17	27.8	14	23.0	1,891	45	2.4	83	4.4
Misiones	108	29	26.8	14	13.0	4,113	136	3.3	182	4.4
Paraguarí'	31	7	22.6	4	13.0	2,795	92	3.3	27	1.0
Alto Parana'	7	7	-	-	-	800	59	7.4	70	8.8
Central	159	24	15.1	27	17.0	5,950	83	1.2	240	4.0
Neembucu'	9	3	-	1	-	783	26	3.3	79	10.1
Amambay	9	4	-	1	-	741	69	9.3	29	4.0
Canindeyú'	4	3	-	-	-	318	24	7.2	21	6.6
Pdte. Hayes	59	9	15.2	18	30.5	3,298	92	2.8	215	6.5
Nva. Asunción	7	3	-	1	-	1,098	18	1.6	28	2.6
Boquerón	16	5	-	4	-	1,463	40	2.7	104	7.1
Col. Memnon. (**).R. Occ.	421	168	32.7	99	23.5	15,385	136	4.8	803	5.2
TOTAL	1,145	321	28.0	214	18.7	46,033	1,697	3.7	2,120	4.6

(*) Lote: Grupo de animales sometidos a prueba de diagnóstico.

(**) Corresponde al Rebaño.

(***) Card-test y si hay trazas : Mercapto Etanol y prueba en tubo.

NOTA: En lote de animales, no se incluyen porcentajes cuando las cifras son menores de 20.-

Animales Sometidos e prueba de diagnostico de brucelosis

ENERO a MAYO AÑO 1986

1986年1月から5月までの結果(月別)

表2

月	動物群				頭数	診断		
	合計	陽	疑	陰性		陽	疑	陰性
1月	34	8	6	20	1,929	31	27	1,871
2月	30	4	4	22	1,092	9	2	1,076
3月	67	15	16	36	5,550	240	143	5,167
4月	57	22	9	26	2,075	93	83	1,899
5月	50	9	7	34	1,570	89	41	1,440
合計	238	58	42	138	12,216	462	301	11,453

この表 1. 2に見られる様にセナクサ(家畜衛生センター)ブルセラ研究室ではルーチンワークとして全国から送付されて来る材料の検査を実施している。これは、家畜の移動及び博覧会出場、市場出荷時には、必ず口跡疫ワクチン証明、ブルセラ無病証明が必要な為血清が全国から送付されて来るわけである。これらの結果から全国的浸潤疫を読み取ることが出来る。本プロジェクトの演習牧場においてもサーベイランスは実施された。

1985年のセナクサの結果によると46,033頭中陽性1,697頭(3.7%)、疑陽性2,120頭(4.6%)であった。本プロジェクトの演習牧場での調査によると雄牛251頭中陽性6頭(2.3%)、疑陽性3頭(1.2%)、雌牛420頭中、陽性14頭(3.3%)、疑陽性12頭(2.8%)であった。

これ等の結果からして、地域別浸潤度の差こそあれ高い汚染度を示しているのには違いない。牧場別汚染度の差が確認された、すなわちワクチン(19株生菌ワクチン)をきちんと励行している牧場では殆んど陽性例は見られなかった。当パラグアイ国、ブルセラ撲滅計画の規則によるとその撲滅方法はTest and Slaughter方式である。しかし汚染度の高い牧場では、この方式は実際的方法としては、適応出来づらく、現実的に不可能である。すなわち規則が作用していないのが現実であった。これ等の結果からTWO Herd Methodを入れたもっとフレキシブルな対応していかなければならない旨、カウンターパートであるブルセラ研究室長と話し合ったが、なかなか理解してもらえなかった。

1. セナクサ (SENACSA) ブルセラ研究室のカウンターパート

Dr. Julio Ruben Branbilla

Dra. Angela Funes de Dalles

Dra. Nelly Estela Ortiz

Dr. Hugo Loup

Dra. Graciela de Isfran

Dra. Estela

Dr. Carlos Sasa Otto

2. ブルセラ診断液の製造

短期専門家として伊佐山康郎専門家が診断液の製造について技術移転を図られたわけであるが、伊佐山専門家が引き上げられた後も順調に製造は推移している。

1) 製造上の問題点

a) 種菌のムコイド化

多数培養した種菌を保持し、6ヶ月に1回位の割合で継代し、これを4℃に保存して、順次使用してゆくことにより今まで種菌のムコイド化は見られなかった。

b) 変異集落の確認

斜光法による集落の標準鑑別法は実施していない。(落射型斜光装置付実体顕微鏡が昨年9月に供与機材として入ったが、斜光装置が付属してなかった。現在申請中)、クリスタルバイオレット染色法によった。

c) 雑菌の混入

種菌の培養を中試で実施しているが、1回の製造で数本使用するので、開閉数も多くなる。また、実験室(無菌室はあるがここにも外からの粉じんが混入)が粉じんの混入でContaminationが見られたが、1昨年の供与機材で入っていた、Clean Bench(どこの入口からも入らず倉庫に眠っていたのを、実験室の壁を破り、搬入したが、供与機材の申請の時の調査の重要性が示唆された例であった。)を使用後はContaminationが見られなくなった。

しかし、80~100本のルー瓶を使用して培養するので操作は慎重に実施された。

d) 試薬の調達及び器具、機材の維持

現在日本から製造に係る試薬については供与されているが、長期的に製造する為には、現地調達が必要となる。そこで現在、入手先、価格等について調査しているところである。特に、純水製造装置について、セナクサの水が劣悪なこともあり、常にフィルター、蒸留部の清掃等を頻搬に実施することが必要であった。またイオン交換樹脂の入手につい

ても調査しているところである。

2) ブルセラ診断液製造情況

La producción se ha iniciado en el mes de Mayo de 1984, asistencia técnica del J.I.C.A. a SENACSA. El inicio de la producción se realizó durante la estadía del Dr. Yasuro Isayama; cuya participación ha sido fundamental en la producción de antígenos. Actualmente, SENACSA dejó de importar antígenos; y produce toda la cantidad necesaria, para cumplir con el programa Nacional de control de la Brucelosis.

DETALLES DE LA PRODUCCION

METHODO: La producción se realiza en medios sólidos; utilizando agar-para en botellas.

Roux. 方法: ルー瓶使用によるジャガイモ寒天培地によった。

Cepa utilizada: Cepa B. Abortus 1119-3 (使用菌株)

Tipos de antígenos: (抗原の型)

1. - Antígeno de Placa (Plate agglutination test) 平板凝集反応用抗原

SERIE Nº 1 シリーズ

Fecha de producción: 25 - V - 84 Fecha de vencimiento: V - 85

Volumen: 630 ml. 製造年月日 有効期限

SERIE Nº 2^量

Fecha de producción: 12 - VII - 84

Fecha de vencimiento: VII - 85

Volumen total: 480 ml.

SERIE Nº 3

Fecha de producción: 6 - IX - 84

Fecha de vencimiento: IX - 85

Volumen total: 640 ml.

SERIE Nº 4

Fecha de producción: 12 - XI - 84

Fecha de vencimiento: XI - 85

Volumen total: 250 ml.

SERIE Nº 5

Fecha de producción: 16 - XI - 84

Fecha de vencimiento: XI - 85

Volumen total: 270 ml.

SERIE Nº 6

Fecha de producción

Fecha de vencimiento

Volumen total

Obs.: Esta serie fue desechada por contaminación.

汚染の為廃棄

SERIE N° 7

Fecha de producción: 6 - XII - 84

Fecha de vencimiento: XII - 85

Volumen total: 240 ml.

SERIE N° 8

Fecha de producción: 13 - XII - 84

Fecha de vencimiento: XII - 85

Volumen total: 380 ml.

SERIE N° 9

Fecha de producción: 6 - II - 85

Fecha de vencimiento: II - 86

Volumen total: 571 ml.

SERIE N° 10

Fecha de producción: 21 - II - 85

Fecha de vencimiento: II - 86

Volumen total: 368 ml.

SERIE N° 11

Fecha de producción: 15 - III - 85

Fecha de vencimiento: III - 86

Volumen total: 1.000 ml.

SERIE N° 12

Fecha de producción: 16 - IV - 85

Fecha de vencimiento: IV - 86

Volumen total: 590 ml.

SERIE N° 13

Fecha de producción:

Fecha de vencimiento:

Volumen total: 680 ml.

Obs.: Esta serie fue desechada por contaminación

汚染の為廃棄

SERIE N° 14

Fecha de producción: 14 - VIII - 85

Fecha de vencimiento: VIII - 86

Volumen total: 480 ml.

SERIE N° 15

Fecha de producción: 28 - VIII - 85

Fecha de vencimiento: VIII - 86

Volumen total: 570 ml.

SERIE N° 16

Fecha de producción: 11 - IX - 85

Fecha de vencimiento: IX - 86

Volumen total: 900 ml.

SERIE N° 17

Fecha de producción: 31 – IX – 85

Fecha de vencimiento: IX – 86

Volumen total: 600 ml.

SERIE N° 18

Fecha de producción: 14 – XI – 85

Fecha de vencimiento: XI – 86

Volumen total: 850 ml.

SERIE N° 19

Fecha de producción: 27 – XI – 85

Fecha de vencimiento: XI – 86

Volumen total: 600 ml.

SERIE N° 20

Fecha de producción: 11 – XII – 85

Fecha de vencimiento: XII – 86

Volumen total: 630 ml.

SERIE N° 21

Fecha de producción: 14 – I – 86

Fecha de vencimiento: I – 87

Volumen total: 480 ml.

– **ANTIGENO DE TUBO (Tube agglutination test) 試験管凝集試験用抗原**

SERIE N° 1

Fecha de producción: 4 – VII – 84

Fecha de vencimiento: VII – 85

Volumen total: 575 ml.

SERIE N° 2

Fecha de producción: 30 – IV – 85

Fecha de vencimiento: IV – 86

Volumen total: 900 ml.

– **ANTIGENO CARD – TEST (Rose Bengal Ceard Test)**

SERIE N° 1 Rose Bengal (Card Test) 用抗原

Fecha de producción: 31 – VII – 84

Fecha de vencimiento: VII – 85

Volumen total: 620 ml.

SERIE N° 2

Fecha de producción: 20 – IX – 84

Fecha de vencimiento: IX – 85

Volumen total: 872 ml.

SERIE Nº 3

Fecha de producción: 12 – IX – 85

Fecha de vencimiento: IX – 86

Volumen total: 770 ml.

SERIE Nº 4

Fecha de producción: 14 – I – 86

Fecha de vencimiento: I – 87

Volumen total: 1.200 ml.

– **AG RING TEST MILK RING TEST** 用抗原

SERIE Nº 1

Fecha de producción: 30 – IV – 85

Fecha de vencimiento: IV – 86

Volumen total: 750 ml.