

**FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDA ORGANICA EN EL
CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihotesculenta*Crantz)**

MARCOS FABIAN SANABRIA FRANCO

Tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo - Paraguay

2016

**FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDA ORGANICA EN EL
CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihotesculenta*Crantz)**

MARCOS FABIAN SANABRIA FRANCO

Tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo.

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial
San Lorenzo - Paraguay
2016

Universidad Nacional de Asunción
Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería Agronómica
Área de Suelos y Ordenamiento Territorial

**FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDA ORGANICA EN EL
CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihotesculenta*Crantz)**

Esta tesis de grado fue aprobada por la Mesa Examinadora como requisito parcial para optar por el grado de Ingeniero Agrónomo, otorgado por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Autor:**Marcos Fabián Sanabria Franco**

Miembros del Comité Asesor

Orientador: Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos Andrés Leguizamón Rojas

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. M.Sc. César Arnaldo Caballero Mendoza

Miembros de la Mesa Examinadora

Prof. Dr. Ing. Agr. Carlos Andrés Leguizamón Rojas

Prof. Ing. Agr. M.Sc. César Arnaldo Caballero Mendoza

Prof. Ing. Agr. M.Sc. Cristian Britos.....

San Lorenzo, 26 noviembre del 2016

DEDICO

A mis padres Pedro Sanabriay Porfiria Franco.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la Virgen María por guiarme mis pasos, darme salud, fortaleza y sabiduría para la culminación de la carrera.

A mis padres Pedro Sanabria y Porfiria Franco, por el sacrificio, esfuerzo y apoyo brindado durante toda la carrera. Gracias por el amor, paciencia, comprensión y los buenos valores inculcado en mí.

A mis hermanos Rodi, Nery, Pedro y Thalía por todo el apoyo incondicional.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción, por darme la oportunidad de formarme como profesional.

Al proyecto “Manejo de la fertilidad de Suelos para la producción de alimentos” de la CONACYT, por posibilitar los implementos e insumos necesarios durante la investigación.

A mi orientador Prof. Ing. Agr. Carlos Andrés Leguizamón Rojas, por los consejos, por el tiempo, paciencia, colaboración y excelente orientación durante la investigación.

A mi Co-orientador Prof. Ing. Agr. César Arnaldo Caballero por la predisposición, las sugerencias y consejos brindados.

A todos los profesores de la Orientación Suelos y Ordenamiento Territorial, por el apoyo y guía recibida.

A la Comisión de Admisión de la Residencia Universitaria de la Facultad de Ciencias Agrarias por brindarme un hogar

A mis compañeros y amigos, quienes me aconsejaron y apoyaron en toda la carrera.

FERTILIZACIÓN FOSFATADA CON ENMIENDA ORGANICA EN EL CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihotesculenta*Crantz)

Autor: MARCOS FABIÁN SANABRIA FRANCO

Orientador: Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS ANDRES LEGUIZAMON ROJAS

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. M.Sc. CÉSAR ARNALDO CABALLERO

RESUMEN

La limitación de fertilidad del suelo, en especial del fósforo, determina bajos rendimientos de los rubros realizados en las pequeñas propiedades. El uso de residuos orgánicos producidos en la finca puede contribuir a mejorar las propiedades del suelo y disminuir la necesidad de fertilización mineral. Este trabajo se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de la fertilización fosfatada con enmienda orgánica en el cultivo de mandioca. Fue conducido en el Departamento de Caaguazú, distrito de Caaguazú, compañía 3^a Línea agua, en un suelo con textura arenosa, bajo en materia orgánica ($6,9 \text{ g kg}^{-1}$) y en fósforo disponible ($2,76 \text{ mg kg}^{-1}$). El diseño experimental fue de bloques completos al azar en parcelas subdivididas. En las parcelas se distribuyeron tres dosis de estiércol bovino ($0, 15 \text{ y } 30 \text{ t ha}^{-1}$) y en las subparcelas cinco dosis de fósforo ($0, 35, 70, 105 \text{ y } 140 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5). En todas las unidades experimentales se aplicaron 60 kg ha^{-1} de N y 50 kg ha^{-1} de K_2O . La dimensión de cada unidad experimental fue de 15 m^2 , conteniendo el área útil 12 plantas de mandioca, en un espaciamiento de 1 m entre hileras y 0,5 m entre plantas. Las variables evaluadas fueron, altura de la planta, longitud, diámetro, número-peso de raíces comerciales y no comerciales, el peso de raíces totales, el contenido de materia seca y almidón, la rentabilidad y el efecto residual de la fertilización orgánica. Los resultados fueron sometidos a análisis de varianza al 5% de probabilidad del error, pruebas de comparación de medias y análisis de regresión. Se observó efectos significativos en las parcelas donde se aplicó estiércol generando un aumento de $0,35 \text{ t ha}^{-1}$ de raíces totales y $0,44 \text{ t}$ en raíces comerciales, por cada tonelada de estiércol, no se mejoran aspectos como el diámetro y la longitud. La mandioca posee rentabilidad de 143% a este sistema de fertilización, el uso de estiércol bovino el contenido de MO y del pH del suelo aumentó significativamente en comparación las parcelas testigo mejora algunas características químicas del suelo. En los tratamientos con y sin estiércol la aplicación de 35 kg ha^{-1} fosfatada genera incremento en el rendimiento de la mandioca. Parámetro como longitud y diámetro de raíces no fueron significativas, pero cantidad de raíces no comerciales y la altura aumento con la fertilización fosfatada.

PALABRAS CLAVE: Mandioca, fertilización fosfatada, estiércol bovino.

PHOSPHATE FERTILIZATION WITH ORGANIC AMENDMENT IN THE CULTIVATION OF MANDIOCA (*Manihotesculenta*Crantz)

Author: MARCOS FABIÁN SANABRIA FRANCO
Adviser:| Ing.Agr. Dr. CARLOS ANDRES LEGUIZAMON ROJAS
Co-Advisor: Prof. Ing. Agr. M.Sc. CÉSAR ARNALDO CABALLERO

SUMMARY

The limitation of soil fertility, especially of phosphorus, determines low yields of the items made in the small properties. The use of organic residues produced in the farm can contribute to improve soil properties and reduce the need for mineral fertilization. This work was carried out with the objective of evaluating the effect of phosphate fertilization with organic amendment in cassava cultivation. It was conducted in the Department of Caaguazú, district of Caaguazú, company 3rd Waterline, in a soil with sandy texture, low in organic matter (6.9 g kg^{-1}) and in available phosphorus (2.76 mg kg^{-1}). The experimental design was of complete random blocks in subdivided plots. Three doses of bovine manure ($0, 15$ and 30 t ha^{-1}) were distributed in the plots, and in the subplots five doses of phosphorus ($0, 35, 70, 105$ and 140 kg ha^{-1} of P_2O_5) were distributed. In all experimental units, 60 kg ha^{-1} of N and 50 kg ha^{-1} of K_2O were applied. The size of each experimental unit was 15 m^2 , with the useful area containing 12 manioc plants, at a spacing of 1 m between rows and 0.5 m between plants. The variables evaluated were: plant height, length, diameter, number-weight of commercial and non-commercial roots, total root weight, dry matter content and starch, yield and residual effect of organic fertilization. The results were subjected to analysis of variance at 5% error probability, means comparison tests and regression analysis. Significant effects were observed in the plots where manure was applied, generating an increase of 0.35 t ha^{-1} of total roots and 0.44 t in commercial roots, for each ton of manure, aspects such as diameter and length were not improved. Cassava has a 143% profitability to this fertilization system, the use of bovine manure the MO content and soil pH increased significantly in comparison the control plots improves some soil chemical characteristics. In the treatments with and without manure the application of 35 kg ha^{-1} phosphate increases yield of cassava. Parameter as root length and diameter were not significant, but amount of non-root roots and height increased with phosphate fertilization.

KEY WORDS: Cassava, phosphate fertilization, bovine manure.

FERTILIZAÇÃO FOSFATADA CON ENMIENDA ORGANICA EN CULTIVO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta* Crantz)

Autor: MARCOS FABIÁN SANABRIA FRANCO

Orientador: Prof. Ing. Agr. Dr. CARLOS ANDRES LEGUIZAMON ROJAS

Co-Orientador: Prof. Ing. Agr. M.Sc. CÉSAR ARNALDO CABALLERO

RESUMO

A limitação da fertilidade do solo, em especial do fósforo, determina os rendimentos baixos dos arruamentos em pequenas propriedades. O uso de produtos orgânicos produzidos na construção pode contribuir para melhorar as propriedades do solo e diminuir a necessidade de fertilização mineral. Este trabalho é realizado com o objetivo de avaliar o efeito da fertilização fosfatada com a emenda orgânica no cultivo de mandioca. Foi conduzido no Departamento de Caaguazú, distrito de Caaguazú, companhia 3^a Linha de água, em um solo com textura arenosa, com baixo teor de matéria orgânica ($6,9 \text{ g kg}^{-1}$) e em fósforo disponível ($2,76 \text{ mg kg}^{-1}$). O projeto experimental foi de blocos completos de azar e subdivididas parcelas. (0, 35, 70, 105 e 140 kg ha^{-1} de P_2O_5). As doses de adubação (0, 15 e 30 t ha^{-1}) são as seguintes: Em todas as unidades experimentais aplicadas 60 kg ha^{-1} de N y 50 kg ha^{-1} de K_2O . A dimensão de cada unidade experimental foi de 15 m^2 , contendo a área útil 12 plantas de mandioca, em um espaçamento de 1 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas. As variáveis avaliadas foram, a altura da planta, o diâmetro, o número-peso de raízes comerciais e não comerciais, o peso de raízes totais, o teor de matéria seca e amido, a rentabilidade é-o efeito residual da fertilização orgânica. Os resultados foram analisados por 5% de probabilidade de erro, as provas de comparação de medias e análise de regressão. Observaram-se efeitos colaterais em todas as parcelas onde se aplicou esterco gerando um aumento de $0,35 \text{ t ha}^{-1}$ de raízes totais e $0,44 \text{ t}$ em raízes comerciais, por cada tonelada de esterço, não se melhoram como o diâmetro e a longitude. A mandioca possui rentabilidade de 143% a este sistema de fertilização, o uso de estimulador bovino o índice de MO eo pH do solo aumentou significativamente e em comparação as parcelas testio melhoram algumas características químicas do solo. Emos tratamentos com y sim esterço a aplicação de 35 kg ha^{-1} fosfatada géneros de aumento no rendimento da mandioca. Parâmetro como comprimento e diâmetro de raízes não foram significativas, mas a quantidade de raízes não comerciais eo aumenta de altura com a fertilização fosfatada.

PALAVRAS-CHAVE: Mandioca, fertilização fosfatada, esterça bovino.

INDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades e importancia de la mandioca.....	3
2.2 Características agronómicas de la mandioca.....	5
2.2.1 Requerimientos edafoclimáticas.....	5
2.2.2 Variedades principales en el país.....	6
2.2.3 Manejo del cultivo.....	6
2.3 Requerimiento nutricional de la mandioca.....	7
2.4 Fertilización.....	8
2.4.1 Fertilización fosfatada.....	8
2.4.2 Fertilización nitrogenada y potásica.....	10
2.4.3. Fertilización orgánica.....	10
2.4.4 Fertilización Organomineral.....	12
2.6. Aspectos económicos.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Localización y caracterización del área experimental.....	13
3.2 Tratamientos y diseño experimental.....	14
3.3 Manejo del experimento.....	16
3.4 Variables a evaluar.....	17
3.5 Análisis de datos.....	19
4 RESULTADOS.....	21
4.1 Altura de la planta.....	21
4.2 Longitud de raíces comerciales y no comerciales.....	22
4.3 Diámetro de raíces comerciales y no comerciales.....	23
4.4 Numero de raíces comerciales, no comerciales y totales.....	24
4.5 Rendimiento total de la mandioca.....	26
4.5.1 Rendimiento de raíces comerciales.....	27
4.5.2 Rendimiento de raíces no comerciales.....	28
4.6 Contenido de materia seca y almidón.....	29
4.7 Rentabilidad de la aplicación de estiércol y la fertilización fosfatada en mandioca con destino industrial.....	29

4.7.1 Rentabilidad de Raíces comerciales.....	31
4.8 Efecto residual de la aplicación de estiércol bovino en el suelo.....	32
5. CONCLUSIONES.....	34
6. ANEXOS.....	36
7. REFERENCIAS.....	44

LISTA DE TABLAS

	Página
1. Consumo de nutrientes por tonelada de raíz y planta entera cosechada INTA (2003).....	8
2. Tratamientos del experimento.....	15
3. Altura de la planta de mandioca a los diez meses de la plantación. Caaguazú, 2015/16.....	21
4. Longitud promedio de raíces comerciales y no comerciales de la mandioca variedad Tacuara Pytã, a los 10 meses de plantación. Caaguazú 2015/16.....	22
5. Diámetro promedio de raíces comerciales y no comerciales de mandioca de la variedad Tacuara Pytã, a los 10 meses de la plantación. Caaguazú 2015/16.....	23
6. Número de raíces por planta clasificados en comercial, no comercial y total, a los diez meses de plantación. Caaguazú, 2015/16.....	25
7. Rendimiento total de las raíces, variedad Tacuara Pytã, a los diez meses de plantación. Caaguazú, 2016.....	26
8. Rendimiento de raíces comerciales de mandioca de la variedad Tacuara Pytã, a los diez meses de la plantación. Caaguazú, Paraguay, 2015/16.....	27
9. Rendimiento de raíces no comerciales de mandioca de la variedad Tacuara Pytã a los diez meses de plantación. Caaguazú, 2016.....	28
10. Contenido de materia seca y almidón expresado en %.....	29
11. Rentabilidad de la mandioca de los tratamientos a la fertilización fosfatada con enmienda orgánica.....	30
12. Rentabilidad de las raíces comerciales de mandioca a la fertilización.....	31
13. Análisis de la camada 0-10 cm de suelo, a los 10 meses de la aplicación de estiércol bovino y posterior a la cosecha de mandioca. Caaguazú 2015/16.....	32

LISTA DE FIGURAS

	Página
1. Datos de precipitación (mm) desde agosto de 2015 a julio de 2016 en relación a un promedio histórico del año 2005-2014.....	14
2. Distribución de los tratamientos considerando la repetición I y II en la parcela experimental.....	15

LISTA DE ANAEXOS

	Página
A1. Análisis de varianza de altura de planta expresados en metros por planta.....	36
A2. Análisis de varianza de longitud de raíces comerciales.....	36
A3. Análisis de varianza de longitud de raíces no comerciales.....	36
A4. Análisis de varianza de diámetro de las raíces comerciales.....	37
A5. Análisis de varianza de diámetro de raíces no comerciales.....	37
A6. Análisis de varianza de número total de raíces por planta.....	37
A7. Análisis de varianza de N°de raíces comerciales.....	38
A8. Análisis de varianza de N° de raíces no comerciales.....	38
A9. Análisis de varianza de rendimiento total expresado en $t\ ha^{-1}$	38
A10. Análisis de varianza de rendimiento de raíces comerciales.....	39
A11. Análisis de varianza de raíces no comerciales.....	39
A12 Análisis de varianza para contenido de materia seca y almidón.....	39
A13. Análisis de Varianza del contenido de almidón.....	40
A14. Análisis de rentabilidad según tratamientos.....	40
A15. Rendimiento de raíces de las unidades experimentales expresado en $t\ ha^{-1}$	41