

EFFECTO DE LA VINAZA SOBRE EL CONTENIDO DE POTASIO INTERCAMBIABLE EN UN SUELO REPRESENTATIVO DEL ÁREA CAÑERA DEL VALLE DEL RÍO TURBIO

Effect of vinasse on the exchangeable potassium content in a representative soil from the sugar cane area in the Río Turbio valley

José Miguel Gómez Toro¹

¹ Universidad Centro Occidental "Lisandro Alvarado" (UCLA), Decanato de Agronomía, Departamento de Suelos. Apartado 400, Barquisimeto, Edo. Lara.

Resumen

Se evaluó durante tres ciclos del cultivo de la caña de azúcar (plantilla, soca I y soca II), el efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza sobre el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del valle del río Turbio. Se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones donde se aplicaron cinco dosis de vinaza (V0= sin vinaza, V1= 25 m³.ha⁻¹, V2= 50 m³.ha⁻¹, V3= 75 m³.ha⁻¹ y V4= 100 m³.ha⁻¹ de vinaza). En los primeros 20 cm del suelo, la aplicación de vinaza incrementó significativamente el contenido de potasio intercambiable; sin embargo, el incremento fue menor en plantilla que en soca I y soca II. El alto poder de fijación de potasio, que tiene el suelo seleccionado para este trabajo, y el efecto residual de acumulación producido por las sucesivas aplicaciones de vinaza, ocasionan que el nivel de potasio intercambiable incremente en el tiempo. A la profundidad de muestreo de 20-60 cm, la aplicación de vinaza, en los tres ciclos del cultivo, no logró incrementar el contenido de potasio intercambiable, debido a que no hubo una adecuada lixiviación de este elemento a través del suelo.

Palabras Claves: vinaza, potasio intercambiable, caña de azúcar, fertilización, Venezuela.

Abstract

The effects of several rates of vinasse on the soil exchangeable potassium content were evaluated during three consecutive harvesting seasons (plant, first ratoon and second ratoon). The experiment was established using a randomized block design with four replications. Treatments consisted in 5 vinasse doses (V0 = no vinasse, V1= 25 m³.ha⁻¹, V2= 50 m³.ha⁻¹, V3= 75 m³.ha⁻¹ and V4=100 m³.ha⁻¹ of vinasse). The application of vinasse significantly increased the exchangeable potassium content of the first 20 cm, however the increment was lower in plant than in the following two ratoon. The high potassium fixation capacity of the soil plus the residual accumulation process, due to the continuous vinasse application during three consecutive harvesting seasons causes an increase in the level of exchangeable potassium with time. The level of exchangeable potassium at a depth of 20-60 cm did not increase during the experiment due to a lack of lixiviation of this nutrient.

Key words: vinasse, exchangeable potassium, sugar cane, fertilization, Venezuela.

INTRODUCCIÓN

La vinaza es un residuo industrial que se genera durante la destilación del alcohol. En términos del volumen producido, se estima que por cada litro de alcohol obtenido a partir de mosto de melaza, se generan alrededor de trece litros de vinaza (Gloria, 1985). Este residuo, altamente corrosivo y contaminante de las fuentes de agua, presenta en su composición química altos contenidos de materia orgánica, potasio y calcio y cantidades moderadas de nitrógeno y fósforo (Orlando y Leme, 1984).

Diversos trabajos de investigación realizados en otros países, especialmente en Brasil, revelan que la vinaza incrementa la productividad de la caña de azúcar, evidenciándose con ello que una de sus grandes ventajas es que bajo condiciones racionales de manejo, puede sustituir parcial o totalmente la fertilización mineral (COPERSUCAR, 1986), e incrementar significativamente el contenido de potasio intercambiable en el suelo hasta los 100 cm de profundidad y lo atribuyen a una intensa lixiviación de este elemento en el suelo (Nunes *et al.*, 1981). Sin embargo, los trabajos de investigación referidos provienen de regiones que presentan condiciones topográficas, climáticas y edáficas completamente diferentes a las áreas don-

de se cultiva la caña de azúcar en Venezuela. Por tal razón, la experiencia acumulada en Brasil en los últimos años en la utilización de la vinaza como fertilizante, no puede extrapolarse directamente a nuestras condiciones, por lo que se hace necesario adaptar esa tecnología por medio del establecimiento de ensayos que permitan eliminar el efecto contaminante de la vinaza, a través de su utilización como fertilizante en el cultivo de la caña de azúcar, sin ocasionar deterioro al suelo.

Lo anteriormente expuesto constituye el marco general del presente trabajo, en el cual se pretende estudiar el efecto de la aplicación de diferentes dosis de vinaza en el contenido de potasio intercambiable en un suelo representativo del área cañera del valle del río Turbio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar este trabajo se estableció un ensayo de campo en tres ciclos del cultivo de la caña de azúcar (plantilla, soca I y soca II), en un suelo clasificado taxonómicamente como Fluventic Ustropepts y representativo del área cañera del valle del río Turbio (Mendoza *et al.*, 1983). La mineralogía del suelo se caracteriza por presentar en la fracción limo y arcilla

la dominancia de un intergradiente ilita-muscovita y cantidades menores de cuarzo, pirofilita, calcita, caolinita, clorita y feldspato (Rodríguez y Perkins, 1984).

Para la instalación del experimento se utilizó un diseño en bloques al azar, con cuatro repeticiones y se aplicaron cinco dosis de vinaza:

VO= sin vinaza

V1=25 m³.ha⁻¹ de vinaza V2= 50 m³.ha⁻¹ de vinaza

V3=75 m³.ha⁻¹ de vinaza V4= 100 m³.ha⁻¹ de vinaza

Antes de la instalación del experimento se hizo un muestreo de suelo en el área total del ensayo. Las muestras se tomaron a dos profundidades fijas (0-20 y 20-60 cm), determinadas en función de la variabilidad que en sentido vertical presentó el suelo, la cual se detectó previamente por medio de muestreos con barreno.

La dosis de vinaza establecida en cada tratamiento, se aplicó en dos porciones; la primera a los 10 días después de la siembra o del tratamiento de la soca y la segunda porción a los 45 días después de la primera aplicación. La vinaza provino de un mosto compuesto principalmente de melaza, fue transportada hasta el sitio del ensayo en camiones cisternas y se aplicó manualmente, utilizando para ello envases plásticos de 20 litros de capacidad. Al día siguiente de la aplicación de la vinaza, se suministró el riego correspondiente.

Al final de la cosecha de cada ciclo del cultivo, esto es, a los 9 meses después de la aplicación de la segunda porción de vinaza, se tomaron muestras compuestas de suelo en cada parcela. Las muestras se tomaron a dos profundidades fijas (0-20 y 20-60 cm).

El potasio intercambiable se extrajo con una solución normal de acetato de amonio, ajustado a pH 7 y se determinó mediante fotometría de llama (Gilbert de Brito *et al*, 1990). Los datos obtenidos fueron analizados por ANAVAR y Pruebas de rango múltiple de Duncan.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de laboratorio de las muestras tomadas antes de la instalación del ensayo, (Cuadro 1), determinó que el suelo tiene textura franco limosa, pH ligeramente alcalino y contenidos medios de materia orgánica en los primeros 20 cm.

Los valores de fósforo y potasio van de bajos a muy bajos, los de calcio muy altos y los de magnesio medios, la capacidad de intercambio de cationes es moderada y presenta ciertos problemas de salinidad para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

En el cuadro 2 se muestra la composición química de la vinaza utilizada en este trabajo, la cual proviene de un mosto compuesto principalmente de melaza. Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno, fósforo y potasio de la vinaza utilizada en este ensayo son mayores a los reportados para vinazas pro-

venientes de mosto de melaza de diferentes destilerías de Brasil (Orlando y Leme, 1984).

Cuadro 1. Análisis físico y químico del suelo al inicio del ensayo.

Características del Suelo	Unidad de medida	Profundidad de muestreo (cm)	
		0-20	20-60
Arena	%	20	25
Limo	%	65	60
Arcilla	%	15	15
Clase textural	--	FL	FL
pH	--	7,4	7,5
Materia orgánica (M.O.)	%	3,4	1,1
Fósforo disponible	mg.kg ⁻¹	6	3
Potasio intercambiable	mg.kg ⁻¹	46	16
Calcio intercambiable	mg.kg ⁻¹	22,2	22,4
Magnesio intercambiable	mg.kg ⁻¹	343	228
C.I.C.	cmolk ⁻¹	23	17
Conductividad Eléctrica (extracto)	dS.m ⁻¹	6,2	6
Conductividad Eléctrica (suspensión)	dS.m ⁻¹	1,2	1,7

Cuadro 2. Composición química de la vinaza utilizada en el ensayo (base seca).

Parámetro	Unidad de Medida	Cantidad
N	Kg.m ⁻³	2,0
P ₂ O ₅	Kg.m ⁻³	2,3
K ₂ O	Kg.m ⁻³	7,5
CaO	Kg.m ⁻³	1,8
MgO	Kg.m ⁻³	0,9
M.O.	Kg.m ⁻³	90,0
pH	--	4,2
C:N	--	0,9590277778

Los datos del contenido promedio de potasio intercambiable en el suelo, a las profundidades de muestreo de 0-20 y 20-60 cm, en las diferentes dosis de vinaza aplicadas en los tres ciclos del cultivo (plantilla, soca I y soca II), se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Contenido promedio de potasio intercambiable en el suelo (mg.Kg⁻¹), a las profundidades de 0-20 y 20-60 cm, para las dosis de vinaza aplicadas en los tres ciclos del cultivo.

Dosis de Vinaza	Profundidad : 0-20 cm			Profundidad : 20-60 cm		
	Ciclos del Cultivo					
	Plantilla **	Soca I **	Soca II **	Plantilla	Soca I	Soca II
V0 (0)	27 c	30 c	32 c	14	20	22
V1(25)	36 bc	94 b	92 b	13	22	21
V2(50)	60 bc	112 b	118 b	13	20	23
V3(75)	76 ab	154 ab	164 ab	13	16	25
V4(100)	116 a	194 a	218 a	14	18	25
C.V. (%)	34	39	33			

** diferencias estadísticas significativas al 1 % por la prueba de Duncan. Los promedios con una misma letra no difieren estadísticamente entre sí.

Los resultados obtenidos indican que, a la profundidad

de 0-20 cm, al incorporar dosis crecientes de vinaza, se incrementa el contenido de potasio intercambiable en el suelo. En tal sentido, en el cuadro 3, se evidencia claramente que, en los tres ciclos del cultivo, a partir de la aplicación de $25\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza, aumenta el contenido de potasio intercambiable en el suelo, hasta alcanzar valores de 116, 194 y $218\text{ mg}\cdot\text{Kg}^{-1}$ en plantilla, soca I y soca II, respectivamente, cuando se aplican $100\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza. Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Nunes *et al.* (1981), Penatti (1988), Bach *et al.* (1990) y Paula *et al.* (1992), quienes reportan incrementos en el contenido de potasio intercambiable en el suelo con aplicaciones de vinaza tanto en plantilla como en soca.

En el cuadro 3, se constata además que el incremento en el contenido de potasio intercambiable en el suelo, a la profundidad de 0-20 cm, es menor en plantilla que en soca I y soca II, lo cual podría ser una consecuencia de la mineralogía del suelo seleccionado para este ensayo. En tal sentido, Rodríguez y Perkins (1984), en un estudio de la mineralogía de un suelo de la planicie del río Turbio, con características similares al seleccionado para este trabajo, reporta como minerales predominantes, tanto en la fracción limo como en la fracción arcilla, un intergradiente illita-muscovita, lo cual le confiere al suelo un alto poder de fijación de potasio. De acuerdo a lo señalado anteriormente, es posible deducir que parte del potasio añadido, a través de la vinaza, durante el primer ciclo del cultivo (plantilla), se fija en el espacio interlaminar de los minerales presentes y una vez que dicho espacio interlaminar es saturado total o parcialmente, se incrementa, aún más, el contenido de potasio intercambiable en el suelo, con las sucesivas aplicaciones de vinaza en los siguientes ciclos del cultivo (soca I y soca II).

De acuerdo a los criterios establecidos en el Manual de Métodos y Procedimientos de Referencia (Gilabert de Brito *et al.*, 1990) y en función de los valores reportados, en el Cuadro 3, para el potasio intercambiable a la profundidad de muestreo de 0-20 cm, es posible deducir que, para plantilla, el contenido de potasio se mantiene bajo con aplicaciones de hasta $75\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza, hasta alcanzar niveles medios de suficiencia, cuando se incorporan $100\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza. En soca I y soca II, los valores de potasio permanecen bajos cuando se aplican $25\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza, pasando a niveles medios de suficiencia, con dosis de 50 y $75\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza en soca I y de $50\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza en soca II, hasta alcanzar valores altos, cuando se incorporan $100\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza en soca I y $75\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ y $100\text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ de vinaza en soca II.

Con respecto a la profundidad de 20-60 cm, la aplicación de vinaza no logró incrementar el contenido de potasio intercambiable (Cuadro 3), en tal sentido, los niveles de suficiencia permanecieron bajos con las sucesivas aplicaciones de vinaza realizadas en los tres ciclos del cultivo. La insignificante variación del potasio intercambiable en esta profundidad, se debió, posiblemente, a que no hubo una adecuada lixiviación de este elemento a través del suelo, lo cual no concuerda con lo señalado por Nunes *et al.* (1981), quien detectó un incremento significativo de potasio intercambiable hasta los 100 cm de profundidad, en aquellos tratamientos que recibieron vinaza y lo atribuyó a una intensa lixiviación de este elemento en el

suelo.

En tal sentido, el suelo seleccionado para este ensayo no presenta limitaciones para el movimiento del agua, ya que, a pesar de presentar altos contenidos de limo, la macroporosidad, según datos reportados por Guédez (1995) de una calicata ubicada en el sitio del ensayo, varía entre 7 y 8 %, valores que, de acuerdo a lo señalado por Pla (1983), no limitan el movimiento del agua en suelos bajo irrigación. Por tal razón, la escasa lixiviación del potasio intercambiable en el suelo, puede ser consecuencia de la inadecuada aplicación del agua de riego, por un tiempo muy corto, impidiendo de esta manera, que la lámina neta de riego se infiltre a la profundidad deseada, como para permitir que el "frente de humedecimiento" llegue, al menos, a los 60 cm de profundidad.

La escasa lixiviación del potasio intercambiable en el suelo puede provocar, a largo plazo, un exceso de este elemento en la profundidad de 0-20 cm, lo cual ocasiona una serie de problemas, relacionados con la calidad del producto obtenido de la caña de azúcar, con un posible incremento de la salinidad y un desbalance nutricional en el suelo.

En relación a la calidad del producto, de acuerdo a lo señalado por Stupiello (1977) y César *et al.* (1978), el exceso de potasio podría provocar un aumento de cenizas en el jugo de la caña, lo cual causaría gran dificultad en la cristalización del azúcar, trayendo como consecuencia una reducción del rendimiento industrial y un incremento del porcentaje de amino en el jugo, el cual es particularmente nocivo en la calidad del azúcar, pues afecta su filtrabilidad que es uno de los parámetros de valoración de su calidad. Finalmente, el exceso de potasio intercambiable en los primeros centímetros del suelo, podría causar problemas de salinidad, debido a la posible formación de sales potásicas y un desbalance nutricional limitando la absorción de otros nutrimentos catiónicos.

CONCLUSIONES

La aplicación de vinaza incrementó en forma significativa el contenido de potasio intercambiable en la profundidad de muestreo de 0-20 cm, sin embargo, el incremento fue menor en plantilla que en soca I y soca II, lo cual podría ser una consecuencia del alto poder de fijación de potasio que tiene el suelo seleccionado para este trabajo. A la profundidad de muestreo de 20-60 cm, la aplicación de vinaza no logró incrementar el contenido de potasio intercambiable, debido posiblemente a que no se produjo una adecuada lixiviación del potasio a través del suelo.

De no lograrse una adecuada lixiviación del potasio intercambiable en el suelo, luce conveniente suspender la aplicación de vinaza a partir del tercer ciclo del cultivo (soca II), debido a que con los altos niveles de suficiencia alcanzados en la profundidad de muestreo de 0-20 cm en el segundo ciclo (soca I), no se produciría una adecuada respuesta del cultivo a este elemento, dado el efecto residual de acumulación producido como consecuencia de las sucesivas aplicaciones de vinaza. De

lograrse una adecuada lixiviación del potasio intercambiable en el suelo, sería conveniente realizar muestreos periódicos, a partir del tercer ciclo del cultivo (soca II), a objeto de determinar los niveles de potasio y en función de ello, analizar la conveniencia de continuar con las aplicaciones de vinaza en los siguientes ciclos del cultivo (soca III, soca IV, resiembra, etc).

Con la finalidad de lograr una distribución uniforme de la vinaza, es indispensable que el tiempo de aplicación del agua en el surco sea el suficiente para que se infiltre la lámina neta de riego a todo lo largo del surco.

Es necesario detectar el efecto que pudiera tener la vinaza, a mediano y a largo plazo, en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, en especial aquellas relacionadas con el movimiento de agua y aire en el suelo, la salinidad, los desbalances nutricionales y con la microflora del suelo, los cuales son importantes en la recuperación y/o mantenimiento de la vida en el suelo, indispensable para el logro de una agricultura sostenible.

LITERATURA CITADA

- Bach, F., A. Martínez y R. Landrian.** 1990. Aporte de nutrientes para la microflora del suelo y plantas por la vinaza. **In:** II seminario Internacional sobre Azúcar y Derivados de la Caña. La Habana (Cuba). pp 140-144.
- César, M., A. Delgado y L. Gabán.** 1978. Aumento do nível de amido e de potássio no caldo de cana, decorrente da aplicação sistemática de vinhaça ao solo. *Brasil Açucareiro*. Vol. 80(1):24-29.
- COPERSUCAR.** 1986. Efeitos da aplicação da vinhaça como fertilizante en cana de açúcar. *Boletím Técnico Copersucar*. Vol. 7: 9-14.
- Gilbert, J., I. López y R. Pérez.** 1990. Manual de métodos y procedimientos de referencia (Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad). Versión preliminar. CENIAP. Maracay. pp. 7.1-7.17.
- Guedez, J.** 1995. Colección de suelos de importancia agrícola del Estado Lara. Trabajo de Ascenso. Universidad Centro-occidental "Lisandro Alvarado". Decanato de Agronomía. Mecanografiado. Tarabana. 127 p.
- Mendoza, S., G. Valera y C. Ohep.** 1983. Estudio preliminar de suelos de eje Morón-Barquisimeto-La Lucia. Departamento de Suelos. División de Información e Investigación del Ambiente. Barquisimeto. 176 p.
- Nunes, M., J. Leal y A. Velloso.** 1981. Efeito da vinhaça na lixiviação de nutrientes do solo. Potássio e Magnésio. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 17:371-374.
- Orlando, F. y E. Leme.** 1984. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canaveira. **In:** Simposio sobre Fertilizantes na Agricultura Brasileira. Brasilia (Brasil). p 451-475.
- Paula, M., V. Carvalho y F. Dias.** 1992. Efeitos da vinhaça na produção e qualidade da cebola em solo de baixo potencial de produtividade. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. Vol. 27(3):389-393.
- Penatti, C.** 1988. Efeitos da aplicação da vinhaça e nitrogênio na soqueira de cana de açúcar. *Boletím Técnico COPER-SUCAR* Vol. 48:32-38.
- Pla, I.** 1983. Metodología para la caracterización física con fines de diagnóstico de problemas de manejo y conservación de suelos en condiciones tropicales. *Revista Alcance* N°32. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay. 91 p.
- Rodríguez, O. y H. Perkins.** 1984. Turbio Soils of northwestern Venezuela: Properties and placement in Ustropeptic subgroup. *Soil. Sci.* 138(1):33-39.
- Stupiello, J.** 1977. Efeito da aplicação da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana de açúcar. *Brasil Açucareiro*. Vol. 40 (3):41-50.