

Estudios sobre el cultivo de la yuca en Costa Rica. I. Extracción de nutrimentos del suelo^{*1/}

NILS SOLORZANO, ELEMER BORNEMISZA**

ABSTRACT

The extraction by three cassava varieties of P, K, Ca and Mg from soils of the Fabio Baudrit Experiment Station on the Central Plateau of Costa Rica was studied. The climate is tropical (Aw'i). Samples were taken from the rows and between them, at 0-10 cm and 10-30 cm depth. The experiment lasted a year and samples were taken at zero, five, eight and twelve months.

For extractable P a rapid initial decrease was noted for the five months samples, followed by leveling off the data. The maximum P absorption was noticed between rows, 40 cm from the stem of the plants.

The exchangeable K content of the upper layer varied little but at 10 to 30 cm there was a decrease until the eight month, followed by an increase. Ca behaved similarly presenting an initial decrease and a final increase while there were only small changes in Mg and pH.

The three varieties studied 'Valencia', 'Mangi' and 'Bayuna Dulce' presented the same pattern of extraction. — The authors.

Introducción

LA yuca (*Manihot esculenta* Crantz) es una planta de origen americano que se cultiva en Costa Rica desde hace muchos años. Las técnicas de su producción no son muy avanzadas debido a que existen pocas publicaciones sobre este cultivo en Costa Rica (1) y a que los buenos resúmenes a nivel mundial son recientes (3, 4).

La apreciable importancia nutritiva y el potencial industrial de la planta promovieron este estudio de su extracción de nutrimentos en la Estación Experimental Fabio Baudrit de la Universidad de Costa Rica, donde se comparó la extracción de P, K, Ca y Mg por tres variedades en un suelo de la serie Sáenz (Typic Ustropept) sin ninguna fertilización, debido a la apreciable condición de fertilidad de este suelo.

* Recibido para la publicación el 28 de enero de 1976

1/ Este estudio formó parte de la tesis de grado del primer autor en la Universidad de Costa Rica

** Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, y Contrato UCR-IICA, respectivamente. San José, Costa Rica.

La composición de la yuca cosechada y los aspectos agronómicos del estudio se presentarán en los siguientes dos trabajos de este grupo.

Materiales y métodos

El ensayo se estableció en la Estación Experimental Fabio Baudrit al oeste de la ciudad de Alajuela. La Estación tiene una temperatura media de 20,5°C y una precipitación media de 2 504 mm/año. Pertenece a la zona climática de Aw'i. (2) según la clasificación de Köppen.

Las plantas fueron cosechadas al año de haberse sembrado, el 2 de agosto de 1974. Fueron estudiadas tres variedades de yuca, 'Bayuna Dulce', 'Mangi' y 'Valencia'. Se dejó un metro entre surcos y medio metro entre plantas con una distancia de dos metros entre parcelas. Antes de sembrar se aró a 30 cm de profundidad y se rastreó dos veces para uniformizar. Las deshierbas se realizaron con machete y se tuvo que combatir una epidemia de ácaros usando polvo mojable de

azufre seguido por una aplicación de Karathane y finalmente aplicando Galurón 50 EC con una semana de diferencia entre las aplicaciones.

Toma de muestra de suelos

Se realizaron cuatro muestreos de suelos, el primero a la siembra, el segundo a los cinco meses de sembrado en el período seco, el tercero a los ocho meses de sembrar a finales del período seco, y la última vez a los doce meses, al cosechar. En todas las oportunidades se tomaron dos muestras de los alrededores de dos plantas, seleccionadas al azar y una del lote testigo. Los sitios de muestreo fueron en el surco a 20 cm desde la estaca, en el entresurco a 20 cm de la estaca en dirección hacia el otro surco, es decir a 90° de la otra muestra y a 40 cm en el entresurco en la misma dirección que el anterior. La muestra testigo se tomó en el suelo sin cultivo de yuca. En todos los sitios antes indicados se tomaron muestras correspondientes a las profundidades de 0-10 y 10-30 cm. De muestras de suelos secadas al aire y bien mezcladas se sacó una alícuota de 0,5 kg, la cual se tamizó a 0,84 mm para efectuar las diferentes determinaciones.

Determinaciones analíticas en los suelos

El contenido de fósforo se determinó según la técnica de Olsen (9), los cationes cambiables K, Ca y Mg se extrajeron con acetato de amonio 1N pH 7,0 y se determinaron por absorción atómica (11). La materia orgánica se determinó por digestión húmeda, el pH en agua y KCl 1N con potenciómetros y la capacidad de intercambio catiónico por medio de saturación con acetato amónico normal pH 7,0 (11).

Resultados y discusión

Comportamiento del fósforo

Los promedios del contenido de P se observan en el Cuadro 1. Por comportarse similarmente no se dan diferentes valores para las variedades individuales. Se observa un descenso del contenido de P al aumentar la edad del cultivo en las tres posiciones y en el testigo. Sin embargo, la disminución en los sitios con yuca es muy superior al descenso de las muestras testigo. Esta reducción del P en el suelo concuerda con los resultados de Orioli y colaboradores (10) quienes observaron una fuerte acumulación del elemento en los primeros meses de crecimiento de la yuca. El descenso del testigo se explica por el lavado intensivo que sufrió el suelo durante este período, el cual correspondió con la época lluviosa.

A los ocho meses, al final del período seco, hay un aumento de la concentración de P soluble. El fenómeno se cree se debe a un ritmo reducido del crecimiento de la yuca en este período, lo cual permite que la solubilización de las fuentes de P en el suelo suplan las reservas de la fracción extraíble. El aumento paralelo para el testigo se explica por la mineralización del P orgánico presente.

Cuadro 1.—Promedios del contenido de P del suelo durante un ciclo de cultivo de yuca (ppm)

| Epocas (meses) | Surco | Entresurco | | Testigo | Promedio |
|-------------------------|-------|------------|-------|---------|----------|
| | | 20 cm | 40 cm | | |
| 0-10 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 | 18,0 |
| 5 | 6,6 | 7,4 | 6,1 | 14,8 | 8,7 |
| 8 | 11,8 | 12,6 | 12,4 | 20,0 | 14,2 |
| 12 | 13,9 | 13,9 | 13,5 | 14,8 | 14,0 |
| Promedio | 12,6 | 13,0 | 12,5 | 16,9 | 13,7 |
| 10-30 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 | 17,0 |
| 5 | 5,5 | 3,8 | 1,6 | 10,5 | 5,3 |
| 8 | 11,1 | 10,0 | 7,4 | 17,0 | 11,4 |
| 12 | 12,3 | 11,9 | 10,3 | 10,4 | 11,2 |
| Promedio | 11,5 | 10,7 | 9,0 | 13,7 | 11,2 |

La tendencia a una concentración moderadamente alta en las muestras tomadas a los doce meses coincide con las observaciones de Oelsgle (8) y Orioli y colaboradores (10) quienes indican una pérdida de P en el área de las plantas de yuca al período final del cultivo.

Al comparar las dos profundidades de muestreo, se observa la misma tendencia para ambas, con valores ligeramente inferiores para la profundidad de 10 a 30 cm, posiblemente por la presencia de menores cantidades de P orgánico, ya que los datos son bajos, tanto en las parcelas con yuca, como en la parcela testigo.

Del análisis de los sitios de muestreo se observa claramente la diferencia entre los testigos y las posiciones cercanas a la planta, debido a la extracción. Esta diferencia es muy acentuada en el primer período del desarrollo de la planta y disminuye posteriormente, cuando las necesidades de P decrecen.

La mayor disminución en la concentración de P ocurre a 40 cm de distancia en el entresurco y a 10-30 cm de profundidad. Estos resultados confirman los datos de Normanha y Pereira (7) en Brasil, quienes obtuvieron los mejores resultados con una aplicación lateral de N-P-K al momento de la siembra, lo que significa poner el P en el momento y el sitio necesarios.

La fuerte concentración de raíces extractantes en el entresurco observada en este trabajo apoya los resultados que se observaron sobre la extracción del P.

Se desarrollaron ecuaciones según un modelo cuadrático para representar la concentración de P a diferentes profundidades. Las ecuaciones se encuentran en el Cuadro 6.

Cuadro 2.—Promedios del contenido de K en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

| Epoas (meses) | Surco | Entresurco | | Testigo | Promedio |
|-------------------------|-------|------------|-------|---------|----------|
| | | 20 cm | 40 cm | | |
| 0-10 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 319 | 319 | 319 | 319 | 319 |
| 5 | 334 | 329 | 337 | 352 | 338 |
| 8 | 326 | 315 | 330 | 303 | 319 |
| 12 | 328 | 323 | 356 | 232 | 310 |
| Promedio | 327 | 321 | 335 | 302 | 321 |
| 10-30 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 317 | 317 | 317 | 317 | 317 |
| 5 | 310 | 280 | 231 | 288 | 277 |
| 8 | 269 | 240 | 229 | 236 | 243 |
| 12 | 273 | 270 | 247 | 243 | 258 |
| Promedio | 292 | 277 | 256 | 271 | 274 |

Comportamiento del potasio

La cantidad promedio de K para las posiciones y profundidades estudiadas se observa en el Cuadro 2. De nuevo se promediaron los datos de las tres variedades por no presentar éstas diferencias. El contenido estimado según un modelo cuadrático, se puede representar por las ecuaciones indicadas en el Cuadro 6.

De los datos se puede notar que los cambios de K en el suelo (0-10 cm) son muy pequeños, aunque la literatura indique (4, 8) que la yuca es un gran extractor de este elemento. Es interesante anotar que en promedio a esta profundidad, la parcela testigo tenía menos K que las demás parcelas, lo que podría deberse al lavado más intensivo del testigo, el cual no tenía ningún cultivo de cobertura.

Existe una situación ligeramente diferente para las muestras tomadas a 10-30 cm. Para esta profundidad el K en el suelo va disminuyendo hasta los ocho meses, con un ligero aumento posterior. El período hasta la fecha indicada coincide con el desarrollo vegetativo intensivo y con las fuertes exigencias de la planta en este tiempo (4,8). El aumento podría explicarse en parte por las pérdidas de este elemento de las hojas y tallos según lo indican Orioli y colaboradores (10) y también por medio de una restitución de la reserva del suelo. De nuevo se encuentra una concentración mínima a 40 cm en el entresurco confirmando que para el K, al igual que para el P, la mayor absorción ocurre en este sitio, lo que coincide con la información de Brasil (5, 6, 7).

Comportamiento del calcio

Las concentraciones promedio de Ca se indican en el Cuadro 3. Se presenta el promedio de las tres variedades debido a su comportamiento análogo.

El contenido estimado en función del tiempo por medio de ecuaciones cuadráticas se encuentra en el Cuadro 6. Estas ecuaciones indican la misma tendencia para el elemento a ambas profundidades, sea una disminución moderada a la menor profundidad y una disminución más intensa entre 10 y 30 cm. Después del descenso inicial sigue un ligero aumento en la capa superior pero más acentuado en la capa inferior.

A diferencia de lo que se observa para el K, el Ca no presenta diferencias entre los diferentes sitios de muestreo en la capa superior y solamente resultó algo inferior a los 40 cm del tallo a 10-30 cm de profundidad.

La disminución del contenido en el suelo ocurre a los cinco meses de cultivo y coincide con las observaciones de Orioli *et al.* (10) quienes indican acumulación inicial y disminución posterior para este elemento. Es posible que la mineralización de hojas caídas haya contribuido a las concentraciones finales altas, especialmente después del período seco (muestreo a los 8 meses) cuando se pierde bastante follaje.

Comportamiento del magnesio

Los promedios del contenido de Mg para las diferentes posiciones de muestreo se indican en el Cuadro 4, mientras que en el Cuadro 6 se indican las ecuaciones

Cuadro 3.—Promedios de contenido de Ca en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

| Epoas (meses) | Surco | Entresurco | | Testigo | Promedio |
|-------------------------|-------|------------|-------|---------|----------|
| | | 20 cm | 40 cm | | |
| 0-10 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 1280 | 1275 | 1275 | 1275 | 1276 |
| 5 | 1115 | 1070 | 1170 | 1190 | 1136 |
| 8 | 1421 | 1374 | 1338 | 1242 | 1344 |
| 12 | 1280 | 1350 | 1310 | 1290 | 1308 |
| Promedio | 1274 | 1267 | 1273 | 1249 | 1266 |
| 10-30 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 1290 | 1290 | 1290 | 1290 | 1290 |
| 5 | 1065 | 1125 | 970 | 1240 | 1100 |
| 8 | 1207 | 1227 | 1157 | 1176 | 1192 |
| 12 | 1300 | 1220 | 1185 | 1231 | 1234 |
| Promedio | 1215 | 1215 | 1150 | 1234 | 1204 |

Cuadro 4—Promedios de contenido de Mg en el suelo durante un ciclo de crecimiento de yuca (ppm).

| Epocas (meses) | Surco | Entresurco | | Testigo | Promedio |
|-------------------------|-------|------------|-------|---------|----------|
| | | 20 cm | 40 cm | | |
| 0-10 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 220 | 220 | 220 | 220 | 220 |
| 5 | 199 | 189 | 191 | 189 | 192 |
| 8 | 294 | 278 | 266 | 272 | 277 |
| 12 | 226 | 219 | 214 | 222 | 220 |
| Promedio | 234 | 227 | 223 | 226 | 227 |
| 10-30 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 221 | 221 | 230 | 221 | 224 |
| 5 | 181 | 179 | 163 | 195 | 179 |
| 8 | 266 | 246 | 236 | 261 | 252 |
| 12 | 216 | 195 | 191 | 204 | 201 |
| Promedio | 221 | 210 | 205 | 220 | 214 |

Cuadro 5—Valores de pH en agua para las posiciones estudiadas

| Epocas (meses) | Surco | Entresurco | | Testigo | Promedio |
|-------------------------|-------|------------|-------|---------|----------|
| | | 20 cm | 40 cm | | |
| 0-10 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 6,06 | 6,06 | 6,06 | 6,06 | 6,06 |
| 5 | 5,85 | 5,92 | 5,95 | 6,02 | 5,93 |
| 8 | 5,80 | 5,76 | 5,69 | 5,72 | 5,74 |
| 12 | 5,86 | 5,82 | 5,87 | 6,88 | 5,86 |
| Promedio | 5,89 | 5,89 | 5,89 | 5,92 | 5,90 |
| 10-30 cm de profundidad | | | | | |
| 0 | 6,07 | 6,07 | 6,07 | 6,07 | 6,07 |
| 5 | 5,98 | 6,07 | 5,97 | 6,04 | 6,01 |
| 8 | 5,82 | 5,79 | 5,75 | 5,78 | 5,79 |
| 12 | 5,88 | 5,87 | 5,95 | 5,91 | 5,91 |
| Promedio | 5,94 | 5,95 | 5,94 | 5,94 | 5,94 |

cuadráticas que expresan la concentración del elemento en función del tiempo en meses. Las ecuaciones indican una tendencia de aumento inicial, acentuado en la capa superior y muy poco pronunciado en la capa inferior.

Similarmente, como en el caso del Ca, no se notan diferencias entre los sitios de muestreo, y entre estos y el testigo son muy reducidas. La considerable concentración de Mg en el suelo estudiado suplió fácilmente las necesidades de la planta y repuso el Mg absorbido, aproximadamente la tercera parte del Ca y la misma del K extraído bajo las condiciones del presente experimento

Variaciones del pH

En el Cuadro 5 se observan los valores de pH obtenidos en agua, proporción suelo y agua 1:2,5. Solamente se dan los valores en H₂O, ya que la información obtenida en KCl 1 N confirma lo observado con las determinaciones en suspensión acuosa sin añadir nueva información

Cuadro 6—Ecuaciones cuadráticas que estiman los elementos estudiados a diferentes profundidades en función del tiempo

| Elemento | Profundidad | Ecuación |
|----------|-------------|---------------------------------|
| P | 0—10 | $y = 26,7 - 12,5x + 2,3x^2$ |
| P | 10—30 | $y = 28,4 - 15,5x + 2,9x^2$ |
| K | 0—10 | $y = 296,8 + 31,2x - 7,1x^2$ |
| K | 10—30 | $y = 389,3 - 80,8x + 11,8x^2$ |
| Ca | 0—10 | $y = 1320,2 - 99,5x + 25,9x^2$ |
| Ca | 10—30 | $y = 1513,5 - 298,1x + 58,1x^2$ |
| Mg | 0—10 | $y = 168,9 + 45,3x - 7,3x^2$ |
| Mg | 10—30 | $y = 204,4 + 8,8x - 1,6x^2$ |

Se observó que las tendencias a las dos profundidades de muestreo resultaron idénticas y que no hubo diferencias entre los diferentes puntos de muestreo, comportándose el pH de manera uniforme en todo el suelo alrededor de las plantas. Se vio también que las diferencias entre el testigo y los sitios en la vecindad de la planta fueron mínimas.

Un descenso hasta el octavo mes y un ascenso posterior se pudo observar tanto para los testigos como para el yucal, de tal manera que se cree que es más bien una reflexión de las condiciones climáticas que de la extracción de algunos nutrientes. De todas maneras el suelo del sitio experimental, un Typic Ustropept, tiene una alta capacidad tampón, lo que puede explicar la constancia del pH

Resumen

Se estudió la extracción de P, K, Ca y Mg de tres variedades de yuca de un suelo de la Estación Experimental Fabio Baudrit en la Meseta Central de Costa Rica con clima tropical (lluvioso y seco (Aw'i)). Se tomaron muestras de surcos y entresurcos y se les comparó con muestras testigos a 0-10 cm y 10-30 cm de profundidad. El experimento duró un año y se muestreó a los cero, cinco, ocho y doce meses.

Se observó una rápida disminución de P para los primeros cinco meses y una estabilización posterior, con una máxima absorción a 40 cm del tallo en entresurco.

En la capa superior hubo muy poco cambio de K pero de 10 a 30 cm se presentó un descenso de hasta ocho meses con un aumento posterior.

El Ca mantuvo un descenso inicial y un incremento final mientras que el Mg presentó pequeñas variaciones igual que el pH del suelo estudiado.

Las tres variedades estudiadas, 'Mangi', 'Valencia' y 'Bayuna Dulce', presentaron las mismas tendencias de extracción.

Literatura citada

1. ACOSTA, R y PEREZ, J. Abonamiento en yuca. Suelo Tico (Costa Rica), 7(31):300-309 1954.
2. AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT. Análisis regional de recursos físicos, Costa Rica. Washington, D. C. AID Resources Inv. Center, US Army Corps of Engineers, 1965.
3. HENDERSHOTI, C. H. *et al.* A literature review and research recommendations on cassava (*Manihot esculenta* Crantz). University of Georgia Research Rept. 1972. 326 p. (Mimeo).
4. MONTALDO, A. Cultivos de raíces y tubérculos tropicales. Lima, Editorial IICA. 1972. 284 p.
5. NORMANHA, E. S. y PEREIRA, A. S. Aspectos agronómicos de cultura de Mandioca (*Manihot utilissima* Pohl). Bragantia 10:179-202. 1950.
6. ——— y PEREIRA, A. S. Cultura de mandioca. Campinas, São Paulo, Instituto Agronomico, Boletim N° 124. 1964. 29 p.
7. ———, PEREIRA, A. S. y FREIRE, E. S. Modo o época de aplicação de adubos minerais em cultura de mandioca. Bragantia 27:143-154. 1968.
8. OELSLIGLE, D. D. Accumulation of dry matter, nitrogen, phosphorus and potassium in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Turrialba, 25:85-87. 1975.
9. OLSEN, S. R. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. Washington, D. C., U. S. Department of Agriculture. Circular N° 939. 1954. 19 p.
10. ORIOLI, G. A. *et al.* Acumulación en materia seca, N-P-K y Ca en *Manihot esculenta*. Bonplandia (Argentina) 2(13):175-182. 1967.
11. SAIZ DEL RIO, J. F. y BORNEMISZA, E. Análisis Químico de Suelos. IICA, Turrialba, 1962. 107 p.