

CAPÍTULO 3

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas (l) lam.*) En un suelo ácido del departamento de Sucre

James Daniel Caro Peñafiel¹, Luis Fernando Acosta Pérez² y
Elicer Miguel Cabrales Herrera³

1 Magister en Ciencias Agronómicas. Miembro del grupo de investigación Agricultura Sostenible, Universidad de Córdoba. jamca26@hotmail.com

2 Magister en Ciencias Agronómicas. Miembro del grupo de investigación Agricultura Sostenible, Universidad de Córdoba. aclufe@hotmail.com

3 Doctor en Ciencias del Suelo. Docente Titular Área de Suelos, Universidad de Córdoba. ecabralesh@yahoo.es

Introducción

En la división política de América Latina son considerados como importantes productores de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) los países: México, Brasil, Argentina, Perú, Haití y Cuba; en este último se considera como un vegetal de primera necesidad en la canasta familiar (Loebenstein y Thottappilly, 2009). Esta especie es de gran interés para la alimentación humana para, la obtención de alcohol, la elaboración de concentrados para animales y la producción de almidón y β -caroteno (Dhir *et al.*, 2008; Vásquez y León, 2006 y Hijmans *et al.*, 2000). En Colombia no se conocen reportes de cultivos comerciales, aunque se considera que las zonas de mayor producción para consumo doméstico son los Montes de María y las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta

Este cultivo se viene usando también como fuente para alimentación animal; el follaje de la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) tiene proteína superior a gramíneas forrajeras y el maíz. También puede ser utilizado como cobertura vegetal, por su buen desarrollo foliar, reduce marcadamente las pérdidas de suelo y de agua ocasionados por la lluvia (Raudez, y Poveda, 2004).

Los síntomas que presentan los vegetales ante la deficiencia de potasio se pueden generalizar en reducción general del crecimiento, los tallos y la consistencia general de la planta son de menos resistencia física y presentan un menor vigor de crecimiento, los frutos y semillas reducen tamaño y calidad por una deficiencia en la síntesis, las hojas tienden a enrollarse, amarillean los márgenes y luego se necrosan, las manchas avanzan hacia el centro de hoja tornándose marrones, los síntomas aparecen primero en las hojas inferiores y luego en las superiores (Rodríguez, 1992).

El crecimiento vegetal y la consecuente acumulación de materia seca están relacionadas directamente con la absorción continua de nutrimentos minerales, la cual se traduce solamente si aumenta el tamaño de la planta. En caso contrario, especialmente para la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) es caracterizada por un ciclo vegetativo corto, se deja de aprovechar el

potencial productivo de los genotipos de alto rendimiento, disponibles y accesibles en la actualidad y, por tanto, se obtienen rendimientos por debajo de una buena rentabilidad económica, con la consiguiente pérdida de competitividad y sostenibilidad (Güenkov, 1974 y Valadez, 1998).

El análisis de crecimiento presenta dos enfoques en su realización. El primero es el clásico, que implica mediciones hechas de manera precisa a intervalos continuos (1-2 semanas) sobre un número relativamente amplio de plantas. El segundo, conocido como funcional, implica mediciones a intervalos más frecuentes (2-3 días) sobre un número pequeño de plantas. Ambos enfoques proporcionan valores promedios de los cambios cuantitativos que ocurren a través de cualquier intervalo de tiempo en particular (por ejemplo, Longitud y diámetro de tallo, número de hojas, área foliar) los cuales tienen gran importancia agronómica al analizar la comunidad de plantas con un enfoque integral, debido a que ello representa el rendimiento económico que resulta de la acumulación neta de CO² asimilado durante todo el ciclo de crecimiento (Gardner *et al.*, 1990).

Los análisis del crecimiento de los cultivos, facilitan la elaboración de modelos de alta confiabilidad (Gardner *et al.*, 1990; Hunt, 1982) y la realización de curvas que caractericen el comportamiento de las variables del crecimiento con todos los datos ajustados, obtenidos mediante variedad de modelos matemáticos no lineales entre los que sobresalen el logístico, Gompertz, Weibull y Richards, exponencial, Michelis-Menten y monomolecular (Rojas *et al.* 2008) y procedimientos como regresión lineal, cuadrática y logarítmica, derivada y desarrollo de modelos polinomiales, que han sido trabajados ampliamente en cultivos (Alonso *et al.*, 2003; Calvo *et al.*, 1994; Charles-Edwards *et al.*, 1986; Evans, 1972; Gardner *et al.*, 1990; Hunt y Parsons, 1974; Hunt, 1978, 1982,1990; Jean, 1984 y Krug 1985).

Los recursos genéticos deben ser evaluados para emplearlos eficientemente en la alimentación humana o animal, por lo que se necesita generar más información sobre las características fisiológicas de las plantas, su asociación con el rendimiento y la influencia con el ambiente. El rendimiento es afectado significativamente por las interacciones entre el genotipo y el ambiente (Grüneberg *et al.*, 2005).

Por la importancia que tiene la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) con fines de alimentación humana y animal y dado que existe muy poca información de sus aspectos fisiológicas de crecimiento bajo las condiciones de suelos ácidos y de fertilización potásica, se desarrolló esta investigación con el objetivo de evaluar bajo diferentes dosificaciones de Potasio, el crecimiento de algunos componentes fisiológicos y acumulación de biomasa seca en dos líneas de batata.

Materiales y métodos.

Ubicación y manejo del suelo de siembra

La investigación se llevó a cabo entre los meses de mayo y septiembre de 2017 en una casa-malla construida en los predios de la Corporación Educativa del Caribe CECAR, en Sincelejo (Sucre), Colombia, ubicada en las coordenadas geográficas con Latitud $9^{\circ} 31' 08.54''$ y Longitud $75^{\circ} 36' 72.07''$ y bajo las condiciones ambientales de la zona de vida bosque seco tropical (bs-T) con temperatura media de 29°C , altitud de 174 m.s.n.m, humedad relativa promedio de 78% y precipitación media anual entre 900 y 1200 mm (Aguilera, 2012). Se trabajó con suelo extraído de los primeros 20 cm de profundidad, de la finca Las Lauras, vereda Santa Rosa, municipio del Roble, departamento de Sucre (Colombia). Este suelo de características ácidas, seco a la sombra, tamizado a 2.54 cm y homogenizado. De este suelo, se tomó 1 kg para el análisis fisicoquímico inicial.

Análisis de suelos realizados

Se preparó una muestra compuesta al azar, que fue analizada en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la Universidad de Sucre (Colombia), en el cual se realizaron los siguientes análisis, de acuerdo con las metodologías del IGAC (2006), como se señala en la Tabla 3.1.

Pretratamiento del suelo

El suelo fue tratado con una dosis equivalente a 2500 kg ha^{-1} de un material encalate con contenido de CaO de 37,05% y MgO de 5,35% en su pureza, y 2000 kg ha^{-1} de materia orgánica utilizando como fuente lombricompost, se dejó en incubación por 30 días; posteriormente, fue empacado en bolsas de 10 kg de capacidad.

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (L) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

Tabla 3.1.

Análisis químicos de suelos realizados en el ensayo.

Parámetro	Método	Referencia
pH	Potenciometría relación suelo: agua 1:1	IGAC, 2006
MO	Walkley y Black: oxidación húmeda	
P	Olsen	
Ca	Extracción con Acetato de NH ₄ 1M y pH 7	
Mg		
K		
Na		
CICT		
Al	KCl	
CICE	Sumatoria de bases y acidez intercambiable	
Cu	Doble ácido	
Fe		
Zn		
Mn		
Mo		

Nota: elaborada a partir de la metodología de IGAC 2006

Siembra y manejo agronómico del cultivo

Para esta investigación se utilizaron dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) con códigos 0113 – 661VAL (Línea 1) y 0113 – 674C0R (Línea 2) suministradas por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) -Turipaná (Córdoba). Se utilizó semilla asexual, para lo cual se tomaron esquejes del tallo principal del cultivo donante, con una longitud de 20 centímetros y 5 nódulos. Estos fueron sembrados en pares e introducidos en el suelo hasta los dos nódulos inferiores. Las bolsas fueron ubicadas en hileras a una distancia entre de plantas de 30 cm y 100 cm entre hileras. A los 10 días después de realizada la siembra, se hizo el

raleo, eliminando un esqueje de cada una de las unidades experimentales en donde se dejó el esqueje con mayor prendimiento y vigor. Se hizo riego con una lámina de agua de 300 ml diarios, valor que resulta de un ensayo previo para llevar al suelo a la condición de capacidad de campo bajo las condiciones de la investigación.

Manejo de arvenses, plagas y enfermedades

Este manejo se realizó mediante la eliminación manual de éstas, en forma periódica y durante la investigación, no se presentaron brotes significativos de plagas o enfermedades por lo que solo se aplicó el producto comercial Cipermetrina como insecticida para el control general de insectos en los días 18, 42 y 60 después del trasplante, a razón de 1 ml por litro de agua, principalmente para mitigar, pequeños brotes de ortópteros en las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) cultivadas. Se observó una diversidad de insectos en su mayoría benéficos en un entorno de equilibrio natural.

Fertilización

La fertilización utilizada en las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) estuvo compuesta de un equivalente a 120 kg/ha de nitrógeno, donde se utilizó como fuente Urea (46% de N), aplicada de forma fraccionada en tres dosis a los 15, 30 y 45 días después del trasplante; para el suministro de fósforo, se utilizó una dosis de 80 kg/ha de la fuente DAP (18-46-0), aplicada en dos fracciones la primera en presiembra y la segunda 30 días después de trasplante, para el caso del potasio se utilizó como fuente KCl y su aplicación se hizo en dos fracciones: una al momento de la siembra de los esquejes y la segunda 30 días después del trasplante. Para el suministro de elementos menores se utilizó un fertilizante foliar completo, con aplicaciones los días 15, 30 y 45 después de la siembra, asperjando una solución con concentración de 1 ml L⁻¹.

Tratamientos empleados

Los tratamientos estuvieron en función de las dosis de potasio usando como fuente K₂O, T0: sin aplicación de potasio (K₂O), T1: 50 kg ha⁻¹, T2: 100 kg ha⁻¹, T3: 150 kg ha⁻¹, T4: 200 kg ha⁻¹, T5: 250 kg ha⁻¹ y T6: 300 kg ha⁻¹.

Variables evaluadas

- **Número de hojas:** se realizó un conteo manual que involucraba un consenso general de hojas al final del cultivo y se registraron sus valores en una Tabla de Excel elaborada para su seguimiento.
- **Longitud del tallo** (cm): se realizó con ayuda de un flexómetro, midiendo desde la base hasta el ápice del tallo principal al final del cultivo en el día 120 y expresándose en centímetro.
- **Diámetro del tallo** (mm): Se utilizó un calibrador digital de 6 pulgadas y su medición fue realizada en la base de tallo principal, todo el proceso de medición fue realizado por una misma persona para reducir el error experimental. Expresándose dicha variable en milímetros.
- **Biomasa seca aérea** (g): se tomaron submuestras de cada una de las muestras de tallo y hojas, se picaron y trozaron a menos de 1 cm de longitud, se llevarán al horno a una temperatura de 65°C, por 72 horas hasta su secado total. Luego con la ayuda de una balanza analítica fueron registrados sus pesos en gramos, estos pesos fueron relacionados con el peso total de las muestras y con base en la diferencia de peso fueron calculados los pesos totales de la materia seca para cada una de las muestras recolectadas. Se hizo al final del ciclo vegetativo y se expresó en gramos.
- **Biomasa seca de raíces** (g): se tomaron submuestras de cada una de las muestras de las raíces al azar, se picaron y trozaron a menos de 1 cm de longitud, se llevarán al horno a una temperatura de 65 °C, por 72 horas hasta su secado total. Luego con la ayuda de una balanza analítica fueron registrados sus pesos en gramos, estos pesos fueron relacionados con el peso total de las muestras y con base en la diferencia de peso, fueron calculados los pesos totales de la materia seca para cada una de las muestras recolectadas. Se hizo al final del ciclo vegetativo y se expresó en g.

Descripción del suelo experimental

El suelo arrojó la información consignada en la Tabla 2, en la que se resalta que es un suelo ácido con pH de 4.16 considerado como extremadamente ácido y en la que pocos cultivos podrían establecerse sin un tratamiento químico previo y más al considerar que los valores

medios para este parámetro debería encontrarse entre los 5.8 y 7.2 para ser ideales en el establecimiento de este cultivo. El suelo también presenta niveles de fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio muy bajos por lo que las necesidades nutricionales del cultivo no podrían ser satisfechas con los elementos edáficos presentes. Entre otros problemas relevantes para este suelo se encuentran: la deficiencia o valor bajo de la materia orgánica (0,38%), en la que el aporte nutricional de esta fracción no es significativo para el cultivo, ya que los niveles medios deberían encontrarse en el rango del 2 al 4%.

Tabla 3.2.

Resultados del análisis fisicoquímico del suelo utilizado para la investigación.

Parámetro	Unidades	Valor
pH		4,16
Materia Orgánica	%	0,38
Fósforo	mg/kg	5,92
C.I.C	cmol (+) /kg	11,00
Calcio	cmol (+) /kg	1,20
Magnesio	cmol (+) /kg	0,80
Potasio	cmol (+) /kg	0,01
Sodio	cmol (+) /kg	0,40
(Al + H)	cmol (+) /kg	8,94
Textura		A.F.
Arena	%	82,50
Arcilla	%	3,21
Limo	%	14,29
Saturación de Calcio	%	10,57
Saturación de Magnesio	%	7,05
Saturación de Sodio	%	3,52
Saturación de Aluminio	%	78,77
Relación Ca/Mg	Sin unidades	1,50
CE.	dS/m	37,50
Salinidad	%En pasta saturada	0,00

Nota: elaboración propia a partir de los resultados de análisis de suelos hechos por la UNISUCRE.

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (L) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

Los niveles de aluminio intercambiable (Al+H) fueron muy excesivos con un valor de 8,94 en un parámetro en que su rango medio debería ser menor de 1 y en los que su saturación porcentual debería ser menor al 5%, sin embargo para este caso encontramos que la saturación de Aluminio estuvo por encima de 78%, lo que deja al descubierto la alta toxicidad de este elemento para el cultivo de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) y en la que se hace necesario la utilización de enmiendas químicas para contrarrestar sus efectos. Por último, y no menos importante, se encuentra que la textura presente en el suelo corresponde a un suelo arenoso franco, en el que un 82,5% de la composición corresponde arena, lo que resulta en niveles de infiltración altos, baja retención de humedad y frecuencias de riego mayores, condiciones que no son propicias para una región como la sucreña en la que los periodos de lluvia se concentran en pocos meses al año.

Diseño experimental y análisis de los datos

El ensayo se estableció bajo un diseño completamente al azar (DCA), con dos líneas de batata, con código de manejo 0113 -661VAL (Línea 1) y 0113 – 674COR (Línea 2) ambas de pulpa de color anaranjada considerada para este estudio por su alto nivel nutricional e interés comercial. El experimento constó de 7 tratamientos y 3 repeticiones, para un total de 21 unidades experimentales con 5 sitios de siembra (bolsas de vivero) por cada línea de batata a estudiar, es decir, se tuvo un factorial 2 x 7 con 3 repeticiones y 5 sitios de siembra para un total de 210 unidades experimentales.

Las unidades experimentales se establecieron en bolsas de vivero calibre 5 con capacidad para contener 10 kg de suelo, bajo cubierta plástica en condiciones semiprotegidas. Las unidades experimentales fueron alejadas del suelo a una altura de 1 m, para evitar el contacto de la raíz con un suelo distinto al suelo de ensayo. La toma de datos se registró en tablas de Excel diseñadas para recolección de estos en campo.

En el análisis de los datos se verificó la normalidad de estos con la prueba de Shapiro Wilks, se realizó análisis de varianza mediante el programa SAS 9.2, los promedios se graficaron utilizando el programa de Excel, las funciones dadas para las curvas fueron derivadas para determinar el punto óptimo de los tratamientos y se utilizó la prueba de Tukey para

aquellas variables que presentaron efecto simple, con una probabilidad estadística significativa del 5 %.

Resultados y discusión

Número de hojas (NH):

Según el análisis de varianza (Tabla 3.3), se evidencia diferencias estadísticas altamente significativas ($p < 0.01$) para las líneas de batata (A) (*Ipomoea batatas* (L) Lam.), al igual que para el factor dosis de potasio (B) y la interacción de ambos factores (A x B). El ajuste del modelo es bueno a un nivel de significancia del 1% y el $R^2 = 0,98$ está cercano a 1, lo que sugiere que el 98% de la variabilidad de los datos es explicado por el modelo. El coeficiente de variación (CV) fue de 8.24% lo que brinda confiabilidad en los resultados presentados. En cuanto al comportamiento gráfico de los datos se puede evidenciar que existe un ajuste tanto lineal como cuadrático para el modelamiento de la tendencia en estas dos funciones.

La Tabla 3.4 muestra que la línea 2 presentó bajo todos los tratamientos un mayor número de hojas (167 hojas) promedio, superando a la Línea 1 con 69 hojas. Las diferencias obtenidas para la variable número de hojas, entre las líneas estudiadas, posiblemente estuvieron dominadas por aspectos de índole genético, más que por los tratamientos aplicados. Esto en consideración a los resultados expuesto por Raudez y Poveda (2004) que después de caracterizar y evaluar preliminarmente seis genotipos de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) bajo diferentes dosis de fertilizantes orgánicos e inorgánicos llegaron a encontrar que existía diferencia significativa entre los genotipos para la mayoría de las variables fisiológicas evaluadas, por ser estar inherentes a las características genéticas de cada material en estudiado. Por lo que los resultados encontrados en este ensayo ratificarían que las características intrínsecas de cada línea de batata jugaron un papel importante en las diferencias encontradas entre las mimas.

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (L) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

Tabla 3.3.

Análisis de variancia para las variables fisiológicas en las líneas de batata (Ipomoea batatas (L) Lam.) en la que se puede apreciar los cuadrados medios para mostrar su significancia estadística.

Fuente de variación	GL	N. H	L. T	D. T	BSA	BSR
Modelo	13	11386,6**	24326,4**	24326**	393,9**	220,3**
Líneas Batata (A)	1	99669,4**	308040,2**	308040**	48,3ns	636,8**
Dosis de K (B)	6	6462,9**	736,8**	736,8**	772,4**	271,2**
Interacción (A x B)	6	1596,5**	630,4**	630,4**	73,0**	99,9**
Lineal	1	8330,2**	671,6ns	671,6ns	1147,6**	1,9ns
Cuadrática	1	14304,0**	77,0ns	77,0ns	3290,8**	207,4ns
Error	28	94,6	145,9	145,9	11,8	8,5
C.V		8,24	5,94	5,94	7,82	11,04
R²		0,98	0,99	0,99	0,94	0,93

* Significativo ($\alpha = 0,05$) ----** Altamente Significativo ($\alpha = 0,01$) ---NS no significativo.

Se observa claramente (Figura 3.1) la relación que existe entre la variable número de hojas y las dosis de potasio aplicadas a las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.), en la que el aumento en el número de hojas está dado por una parábola de apertura negativa y al realizar la optimización de las funciones cuadráticas, los puntos sobre las curvas donde se presentaría la mayor respuesta de la variable número de hojas, corresponderían a una dosis aproximada de 181 kg ha⁻¹ de potasio para la línea 2, con un promedio de 202 hojas y 182,5 kg ha⁻¹ de potasio para la línea 1, para un número aproximado de 80 hojas. A partir de allí las aplicaciones potásicas muestran efectos negativos sobre el aumento de la variable.

Tabla 3.4.

*Las variables fisiológicas de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) a los 120 días de finalizado el cultivo y la respectiva comparación de medias con un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$).*

Fuentes de variación	N. H (u)	L. T (cm)	D. T (mm)	BSA (g)	BSR (g)
Línea 2	167 ^a	288,91 ^a	8,63b	40,50a	39,73b
Línea 1	69b	117,63b	10,92a	44,90a	46,19 ^a

Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Al mirar el ajuste de las curvas y los datos obtenidos se aprecia, que solo el 56.52% de la variabilidad de estas en la línea 2 es explicado por la ecuación, mientras que la línea 1 presentó un mayor ajuste en la curva con un 63,57%, lo que podría ser explicado por el hecho de los elementos nutricionales no actúan por separado y su respuesta individual se reflejaría con ímpetu en algunas partes fisiológicas de la planta más que en otras. Por lo general los bajos niveles de nitrógeno reducen el crecimiento vegetativo, particularmente de hojas, más que el reproductivo. Un bajo suministro de potasio reduce el crecimiento de las plantas y el establecimiento de los frutos, la deficiencia de fósforo puede reducir el crecimiento reproductivo (Clozza, 2010). Por lo que, el potasio por sí solo no explicaría en su totalidad el comportamiento de la variable, debido a que cada elemento nutricional cumple con unas funciones específicas dentro de cada componente fisiológico y tiene la particularidad de almacenarse en donde sea necesitado por la planta dependiendo de los procesos fisiológicos, condiciones ambientales o fase vegetativa.

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (L) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

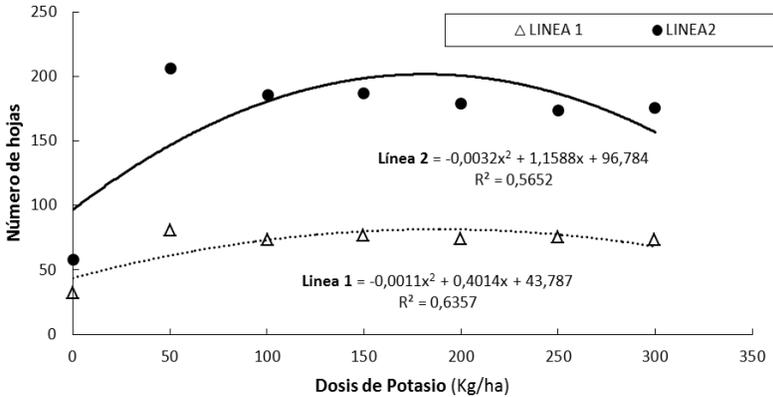


Figura 3.1. Tendencia en el variable número de hojas en las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam. en relación con la dosis de potasio aplicada bajo las condiciones climáticas del municipio de Sincelejo.

Longitud de tallo (LT):

Para la variable longitud de tallo la ANAVA presentada en la Tabla 3.3 muestra que existe una concordancia entre el modelo aplicado y la variable estudiada a un nivel de significancia del 1%, al igual que para el factor A (líneas de batata), el factor B (dosis de potasio) y la interacción de éstos (A x B). Por otro lado, el comportamiento de los datos de la variable longitud de tallo, no presentan una tendencia lineal o cuadrática, por lo que estas dos funciones matemáticas no explican por si solas la tendencia de la variable. El ajuste del modelo es bueno ya que se puede apreciar un R^2 del 99% y el coeficiente de variación (CV) de 11,92 % por lo que brinda una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.

La prueba de medias realizada a la variable longitud de tallo (Tabla 3.4) confirma lo descrito en la ANAVA anterior, en cuanto a la diferencia estadística significativa de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) por lo que sus longitudes son estadísticamente diferentes. Mostrándose que la línea 2 alcanzó una mayor longitud promedio con 288,91 cm, mientras que la línea 1 solo alcanzó los 117,63 cm para el mismo periodo de crecimiento y desarrollo. Los resultados encontrados indican que las diferencia mostradas por las líneas en cuanto a su longitud de tallo son debidas a las condiciones genéticas de cada material, lo que estaría en concordancia con lo expuesto por Consumano y Zamudio (2013),

quienes afirman que el tallo puede presentar diferentes dimensiones de longitud o grosor de acuerdo con la variedad. Esto también coincide con las características morfológicas descritas por INFOAGRO (2018) que establece que las longitudes en la batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) pueden ir desde los 10 cm hasta los 6 metros dependiendo de la variedad.

En cuanto a la influencia de la dosis de potasio y la longitud de tallo de las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) (Figura 3.2), se observa que no existió una tendencia marcada entre los tratamientos aplicados y la variable medida, que a pesar de que la estadística muestra diferencia significativa en al menos un tratamiento de la Línea 2, el consenso general entre las líneas sugiere que no existió efecto visible de las dosis potásicas sobre la longitud del tallo, posiblemente se debió a que el potasio no es un elemento que se almacena en los tejidos de las plantas, como si lo hace otros elementos. Los resultados obtenidos no siguen del todo los lineamientos o afirmaciones realizadas por Rodríguez (1992) quien considera que la abundancia de potasio se manifiesta en mayor crecimiento y vigor, buen desarrollo de flores, frutos y semillas, resistencia al frío y enfermedades criptogámicas y aumento en la calidad de fruto. Ya que el potasio es un elemento funcional dentro de los tejidos vegetales pues es el responsable de la síntesis de azúcar y almidón, traslado de las azúcares, síntesis de proteína e interviene en la estimulación enzimática.

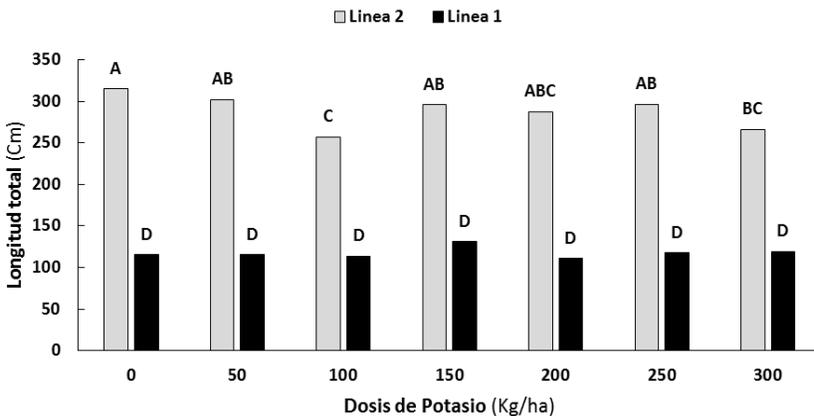


Figura 3.2. Comportamiento en la variable longitud del tallo de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) en relación con la dosis de potasio aplicada bajo las condiciones climáticas del municipio de Sincelajo.

Nota. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Teniendo en cuenta las consideraciones anteriores podríamos sugerir que la utilización de potasio por parte de las líneas de batata, estimula los procesos de funcionamiento vegetativo. Lo anterior, podría explicar de cierta manera el comportamiento de potasio dentro de la variable, al sugerir que el cultivar toma cierta cantidad del elemento para sus procesos funcionales y que bajo las mismas condiciones edafoclimáticas del experimento estas cantidades son indiferentes de la oferta edáfica. Lo que estaría acorde a lo expuesto por Solís (2016) quien afirma que, el potasio a diferencia de otros elementos no forma parte de los componentes de la planta y que sus funciones son más bien de naturaleza catalítica.

Diámetro del tallo (DT):

El análisis de varianza realizado para la variable diámetro de tallo de las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) dejan ver claramente que existe una correlación positiva entre la variable y el modelo escogido para su análisis, que existe diferencia altamente significativa entre las líneas (Factor A), las dosis de potasio (Factor B) y la interacción de los factores (A x B). El comportamiento del diámetro del tallo al igual que la longitud antes descrita no presentó una tendencia lineal o cuadrática, puesto que estas fueron estadísticamente no significativas, por lo que se podría sugerir que la variación en los datos no es explicada por estos dos modelos matemáticos. El ajuste del modelo es bueno porque se aprecia un R^2 del 99% y un coeficiente de variación (CV) de 5,94% lo que brinda mayor confiabilidad en los resultados obtenidos (Tabla 3.3).

Al igual que las variables fisiológicas anteriores en la Tabla 3.4 se reafirma la existencia de diferencia estadísticamente significativa entre las líneas, evidenciándose que la línea 1 presentó mayor diámetro con 10,92 mm y la línea 2 un diámetro inferior con 8,63 milímetros.

En relación con la variable diámetro de tallo y las dosis de potasio aplicadas, la figura 3.3 muestra que para la Línea 1 a pesar de que hubo diferencia estadísticamente significativa en al menos una de las dosis de potasio no se encuentra una tendencia marcada en la aplicación potásica, sin embargo, todas mostraron una tendencia de respuesta positiva a la aplicación de K en relación con el testigo, lo que sugiere que existe respuesta de la variable a la fertilización con este elemento. En el caso de la línea 2 no

se presentó diferencia estadísticamente significativa en la aplicación o no de potasio para la variable en mención.

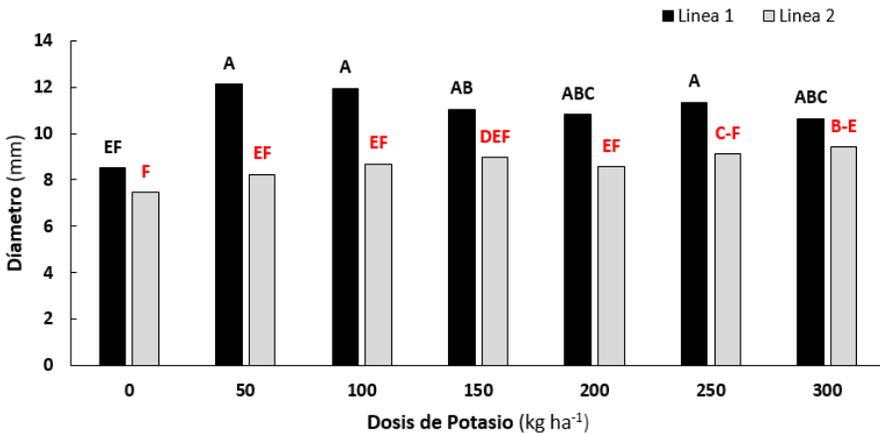


Figura 3. Comportamiento del diámetro de tallo de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) en relación con la dosis de Potasio aplicada bajo las condiciones climáticas del municipio de Sincelejo (Fuente: Elaboración propia).

Los resultados obtenidos sugieren que a pesar de que no se puede concluir cual fue la mejor dosis de potasio para el diámetro del tallo, la fertilización potásica si mostró respuesta sobre la variable pues las medias de los tratamientos estuvieron por encima del testigo. Por su parte las diferencias visibles entre los diámetros de las líneas fueron dominados por las características genéticas propias de cada cultivar.

Biomasa seca aérea (BSA):

Los resultados estadísticos para la variable biomasa seca de la parte aérea en las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) deja apreciar que a pesar de que existen diferencias fisiológicas entre las líneas, no se encontró diferencia estadística significativa para la acumulación de biomasa seca en la parte aérea de las mismas, la intersección de los factores presenta alta significancia estadística, así como un efecto altamente significativo en la fuente de variación dosis de potasio. El modelo empleado tiene alta significancia estadística con un $R^2 = 94\%$ y coeficiente de variación (CV) que no supera al 8% lo cual es bueno para la confiabilidad de datos obtenidos.

Por otra parte, se encontró alta significancia estadística en el modelamiento de los datos a través de una ecuación lineal o cuadrática (Tabla 3.3).

La Tabla 3.4 muestra los resultados de la prueba de medias de Tukey para la variable biomasa seca parte aérea y ratifica lo expuesto por la ANAVA anterior donde no se encontró diferencia significativa en la acumulación de biomasa seca en la parte aérea de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.). La línea 1 mostró una mejor media con 44,93 g acumulados, por su parte la Línea 2 tuvo una acumulación de 40,5 g. Por lo que a pesar de que la Línea 2 presentó mayor crecimiento en dimensiones de hojas y tallos, su acumulación de biomasa seca en el follaje fue estadísticamente igual a la Línea 1.

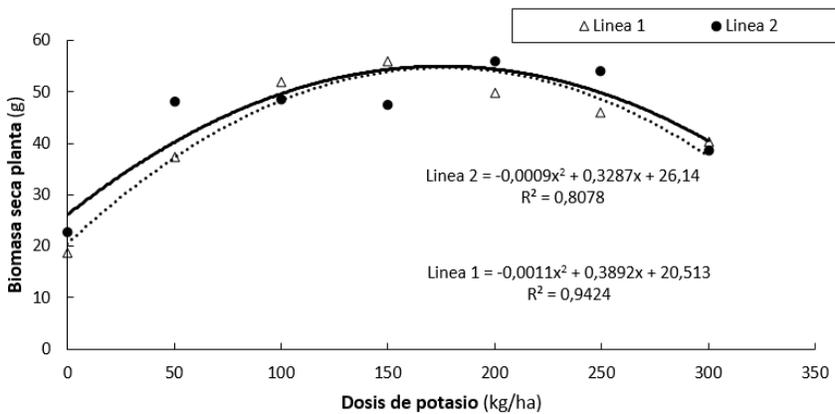


Figura 4. Tendencia en la variable biomasa seca aérea de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) en relación con la dosis de Potasio aplicada bajo las condiciones climáticas del municipio de Sincelejo (Fuente: Elaboración propia).

La biomasa seca de la parte aérea con respecto a la dosis de potasio aplicada fue descrita en su mayor ajuste como una parábola de apertura negativa (Figura 4), en donde la mayor acumulación de biomasa seca calculada en la curva es la producida al aplicar una dosis de 165 kg/ha de potasio para una acumulación de 52,18 g. Por lo tanto, la aplicación de dosis mayores de potasio posiblemente mostraría efectos negativos en el incremento de la biomasa seca de la parte aérea de las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) estudiadas.

Biomasa seca de raíces (BSR):

En el análisis estadístico de la variable BSR se encuentra que existe significancia estadística al 1% sobre el modelo, que el 92% de la variabilidad de los datos es explicada por él mismo y que su coeficiente de variación (CV) es del 7% lo cual está dentro de los parámetros aceptables de confiabilidad de los datos. En la Tabla 3 también se puede evidenciar que existe diferencia estadística significativa en las fuentes de variación Líneas (Factor A), dosis de potasio (Factor B) y su interacción de factores (A x B) al nivel de significancia del 1%. Por otro lado, la acumulación de biomasa seca en la raíz no mostró un comportamiento lineal o cuadrático al no presentar significancia estadística para su modelamiento a través de estas dos funciones.

Los resultados de la prueba de medias de Tukey para la acumulación de biomasa seca en la raíz (Tabla 4) establece que existe diferencia estadística significativa entre las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) en donde la Línea 1 presentó la mayor acumulación de biomasa seca en la raíz con un promedio con 46,19 g, mientras que la acumulación en la línea 2 fue de 39,73 g.

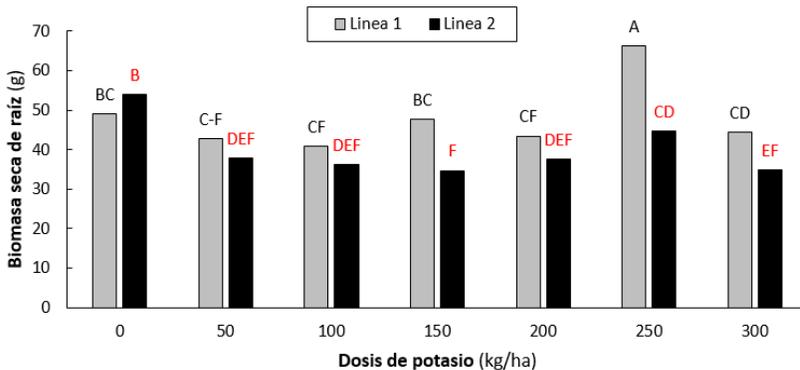


Figura 5. Comportamiento de la biomasa seca de raíces de las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) en relación con la dosis de Potasio aplicada bajo las condiciones climáticas del municipio de Sincelejo (Fuente: Elaboración propia).

En cuanto a la relación de la variable con la aplicación de potasio, los resultados no fueron concluyentes solo se encontró diferencia

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (l) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

estadísticamente significativa con mejor media en la dosis equivalente a 250 kg ha⁻¹ de potasio para la Línea 1, mientras que los resultados encontrados para la Línea 2 no sigue una tendencia marcada, siendo la no aplicación potásica el mejor tratamiento. Por lo visto la figura 3.5, no parece haber respuesta marcada de la variable biomasa seca de las raíces en las líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) con respecto a las aplicaciones de potasio.

Conclusiones

El número de hojas en el cultivo de batata en condiciones climáticas del municipio de Sincelejo (Sucre), es proporcional a la cantidad de potasio aplicado en los planes de fertilización, cuando éstos no superan los 180 kg ha⁻¹. Las variables longitud y diámetro de tallo no respondieron a la fertilización potásica, pero ésta si influyó en el crecimiento de la planta.

Aunque las dos líneas de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam.) son diferentes filológicamente, existió igualdad estadística en la acumulación de biomasa seca en la parte aérea y diferencia de esta en las raíces. Sin embargo, a pesar de que se puede corroborar un efecto de K⁺ en las variables no fue posible definir una tendencia de éstas, bajo las condiciones del experimento.

Recomendaciones

Se hace necesario corroborar los hallazgos de esta investigación bajo las condiciones menos controladas de campo para establecer cómo influyen las condiciones edafoclimáticas sobre los resultados antes expuestos. Se debería seguir estableciendo este tipo de experimento con otras variedades de batata (*Ipomoea batatas* (L) Lam) presente el departamento de Sucre para estimar el comportamiento de éstas a diferentes niveles de fertilización. Es claro que esta investigación muestra la tendencia de las variables fisiológicas en la relación con las aplicaciones potásicas, sin embargo, es necesario que se establezca no solo la dosis óptima de potasio para las diferentes condiciones edafoclimáticas del departamento de Sucre, sino también las mejores relaciones entre los elementos primarios nitrógeno, fósforo y potasio (NPK).

Referencias

- Aguilera, M. (2012). La yuca en el Caribe colombiano: de cultivo ancestral a agroindustrial. Centro de estudios económicos regionales. Cartagena, Colombia. Revista Banco de la Republica: 1:5 - 17.
- Alonso, M., Tijerina, L., Sánchez, P., Martínez, A., Aceves, L. y Escalante, J. (2003). Modelo logístico: herramienta para diagnosticar el cuánto y cuándo fertirriego. Chapingo, México. Terra Latinoamericana: 21(2): 225-231.
- Calvo, R., González, J. y Pérez, S. (1994). Manual de modelos no lineales en los ámbitos agronómicos, Ganaderos y Forestal. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Instituto nacional de investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. 110 p.
- Charles-Edwards, D., Doley, D. y Rimmington, G. (1986). Modelling plant Growth and Development. Australia Academic press Australia., 235 p.
- Clozza, M. (2010). Crecimiento y desarrollo en Tomate Platense (*Lycopersicon esculentum Mill*) análisis del efecto de la nutrición mineral. Valencia, España. Departamento de producción vegetal. Universidad Politécnica de Valencia., 10 p.
- Consumano, C. y Zamudio, N. (2013). Manual técnico para el cultivo de batata (camote o boniato). Tucumán, Argentina: Centro de publicación Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Buenos Aire, 3 p.
- Dhir, S., Singh, H. y Dhir, S. (2008). Sweet potato. Center for Biotechnology. USA. Department of Plant Sciences. Fort Valley State University. 157 p.
- Evans, G. (1972). The Quantitative Analysis of Plant Growth. Great Britain: Blackwell Scientific Publications. Oxford, England, Great Britain. 733 p.
- Gardner, F., Pearce, R. y Mitchell, R. (1990). Physiology of crop plants. Ed Iowa University Press: AMES. U.S.A., 327 p.

Determinación del efecto de las aplicaciones potásicas en los componentes fisiológicos de dos líneas de batata (*ipomoea batatas* (L) lam.) En un suelo ácido del departamento de Sucre

- Grüneberg J., Manrique K., Zhang D. y Hermann M. (2005). Genotype X Environment Interactions for a Diverse Set of Sweet potato Clones Evaluated across Varying Ecogeographic Varying Ecogeographic Conditions in Perú. *Crop Science, Perú*, 45: 2160 - 2171.
- Güenkov, G. (1974). *Fundamentos de la horticultura cubana*. La Habana, Cuba. Instituto Cubano del libro., 355 p.
- Hijmans, R., Huaccho, L y Zhang, D. (2000). Global distribution of sweet potato. Lima, Perú. CIP Program Report. 1999 – 2000., 323 p.
- Hunt, R. (1978). *Plant Growth Analysis*. Studies in Biology 96. London. The Institute of Biology's. Edward Arnold (Publishers) Limited, U.K., 67 p.
- Hunt, R. (1982). Plant Growth analysis: second derivatives and compound-ed second of splined plant growth curves. *New York, U.S.A. Annals of Botany, New York*. 50(3): 317 - 382.
- Hunt, R. (1990). *Basic Growth Analysis: Plant Growth Analysis for Beginners*. Great Britain: Urwin Hyman Ltd. 112 p.
- Hunt, R. and Parsons, I. (1974). A computer program for deriving growth-functions in plant growth-analysis. *Montpellier, France. Journal of Applied Ecology*: 11: 297 - 307.
- IGAC (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelos sexta edición*. Bogotá, Colombia. Impresión nacional de Colombia: 105 – 140.
- INFOAGRO. (2018). El cultivo de camote (*batata tuberosum*). Recuperado de: <http://www.infoagro.com/hortalizas/batata.htm> (Consultado el 23 de enero de 2018).
- Jean, R. V. (1984). *Mathematical Approach to Pattern and Form in Plant Growth*. Wiley-. U.S.A. Interscience Publication. 221 p.
- Krung, H. (1985). Growth processes and crop growth modelling. *U.S.A. Acta Horticulturae*: 174: 193 - 204.
- Loebenstein, G. and Thottappilly, G. (2009). *The Sweet potato*. Washington D.C, Springer, 114 p.
- Raudez, G. y Poveda, M. (2004). Caracterización y evaluación preliminar de seis genotipos de camote (*Ipomoea batatas* L.) con fertilización

orgánica e inorgánica. Managua, Nicaragua. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, 40 p.

- Rodríguez, S. A. (1992). Fertilizantes, nutrición vegetal. México. AGT editor. Segunda reimpresión. México, D.F. 47 p.
- Rojas, P., Pérez, M., Colinas, M., Sahagún, J. y Avitia, J. (2008). Modelos matemáticos para estimar el crecimiento del fruto de chile manzano (*Capsicum pubescens* R. y P.). Chile. Revista Chapingo. Serie horticultura, 14(3): 289 - 294.
- Solís, O. (2016). Prueba de la efectividad del producto Rootex para promover la adsorción de Fósforo en plántulas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un suelo calcáreo. Coahuila, México. Departamento de parasitología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División agronomía. Saltillo, 16 p.
- Valadez, A. J. (1980). Economic aspects of cucumber growing in the Netherlands. Netherlands. Acta Horticulturae: 118: 11 - 16.
- Valle M., J.C. (2010). Acumulación de biomasa, crecimiento y extracción nutrimental en pimiento morrón (*Capsicum annuum* L.) Tesis Maestría. Chapingo, México. Instituto de Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo, 106 p.
- Vásquez, R. y León, C. (2006). Producción y uso de la batata (*Ipomoea batatas* L.); Estrategia de alimentación animal. República Dominicana. Instituto superior de agricultura. ISA. Santiago de los Caballeros. 54 p.