

Efecto de la aplicación de auxinas sobre el proceso de enraizamiento de estacas de dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)

Effect of auxin application on rooting process in cuttings of two cassava (*Manihot esculenta* Crantz) cultivars

Angela María BURGOS^{✉1}, Pedro Jorge CENÓZ¹ y Juan PRAUSE²

¹Cátedra de Cultivos III. Departamento de Producción Vegetal y ²Cátedra de Agroclimatología. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Sargento Cabral 2131 (3.400). Corrientes, Argentina E-mails: burgosangela@agr.unne.edu.ar y prause@agr.unne.edu.ar ✉ Autor para correspondencia

Recibido: 15/12/2008 Fin de primer arbitraje: 16/03/2009 Primera revisión recibida: 17/03/2009
Fin de segundo arbitraje: 20/04/2009 Segunda revisión recibida: 30/04/2009 Aceptado: 13/05/2009

RESUMEN

Dos experimentos, con dos cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) Amarilla y Palomita, fueron conducidos bajo condiciones de campo en Argentina para estudiar el efecto de la aplicación de ácido naftalenacético (ANA) sobre el proceso de enraizamiento de estacas caulinarias. Antes de la plantación, las estacas fueron inmersas en una solución comercial de alfa naftil acetato de sodio 1.3 g en 20 L de agua, durante 8 horas; las estacas control fueron imbibidas en agua. Posteriormente, se dispusieron en un diseño de bloques completos al azar. Los efectos de la auxina mostraron diferencias entre cultivares a través del tiempo. La aplicación de ANA adelantó la diferenciación de las raíces reservantes del cv Palomita e incrementó el porcentaje de materia seca de dichas raíces en el cv Amarilla a partir de los 120 días posteriores a la plantación. Los cambios encontrados en las variables del rendimiento y la calidad difirieron según el genotipo. La aplicación de auxinas bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio no mejoró la productividad ni el rendimiento del cultivo. Estos resultados sugieren la necesidad de profundizar los estudios respecto del efecto de tiempos de exposición, otras concentraciones de la hormona y la respuesta diferencial de cultivares frente al tratamiento.

Palabras clave: Mandioca, *Manihot esculenta*, enraizamiento, auxinas

ABSTRACT

Two experiments, with two cassava cultivars Amarilla and Palomita, were conducted under Argentinean field conditions to study the effect of naphthalene-acetic acid (NAA) exogenous application on rooting process. Before planting, cuttings were immersed in solution 1.3 g sodium α -naphthyl acetate in 20 L water during 8 hours; control cuttings were immersed in water. After the treatments, cuttings were planted in a randomized block design. The application of NAA made tuberous roots differentiation earlier in cv. Palomita compared to control plants and incremented root dry mater percentage in cv Amarilla at 120 days after plantation. Changes observed in yield and quality characteristics were genotype dependent. Under the conditions of this experiment, ANA application did not modify neither yield no productivity of this crop. These results suggest that new experiments should be necessary to conduct a profound study on the effect of other doses and exposition time of the hormone with different cultivars.

Key words: Cassava, *Manihot esculenta*, rooting, auxins

INTRODUCCIÓN

La mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) es un arbusto perenne de la familia *Euphorbiaceae*, cultivado principalmente por sus raíces amiláceas, y representa la sexta fuente de calorías más importante para la dieta de la población mundial (FAO, 1999). En Argentina, es cultivado en la región nordeste, por pequeños productores de escasos recursos; es por ello que toda práctica de manejo agronómico puede contribuir a incrementar el rendimiento del cultivo

(Ceballos, 2002) y el bienestar de un considerable número de personas.

Esta planta es altamente heterocigótica y poliploide ($2n=4x=36$), razón por la cual se propaga tradicionalmente por esquejes caulinarios o estacas y no por semilla sexual. Los esquejes obtenidos de plantas maduras, pueden ser tradicionales con 3 a 12 yemas o los de 2 yemas utilizados para multiplicación rápida en invernadero. También se utiliza la multiplicación a partir de esquejes de una sola hoja

con yema axilar extraída de plantas jóvenes de 4-5 meses de edad. Por su parte la propagación *in vitro* de clones de mandioca permite aumentar el número de cultivos derivados de ápices meristemáticos para hacer pruebas de presencia de virus, aumentar clones libres de organismos patógenos y facilitar el intercambio internacional, multiplicar rápidamente clones seleccionados para producir “semilla” básica y propagar masivamente clones elite que se trasplantan directamente a campo. De esta manera y mediante la combinación de estas técnicas es posible satisfacer casi todas las necesidades actuales de multiplicación de mandioca (Roca y Mroginsky, 1993).

La calidad intrínseca de los tallos y todo tratamiento que mejore la capacidad de enraizamiento y el potencial de brotación, contribuye al establecimiento del cultivo (Velasquez, 2006), puesto que el enraizamiento es el determinante del rendimiento que condiciona el éxito de la plantación y el logro de un adecuado número de plantas. Las estacas obtenidas de los tallos son seleccionadas apropiadamente a partir de plantas madres maduras y sanas (Alves, 2002).

Las condiciones climáticas invernales en la República Argentina obligan a los productores a almacenar los tallos alrededor de cuatro meses, con el fin de proteger las yemas caulinares de las probables heladas tempranas. Desafortunadamente durante el almacenamiento, el futuro proceso de enraizamiento y brotación de las estacas puede verse afectado, debido principalmente a reducciones en el contenido de agua (López, 2002), infecciones causadas por patógenos diversos y muchos otros factores que no han sido claramente definidos (Leinher y Andrade, 1985), y que por lo tanto disminuyen sustancialmente el establecimiento de las estacas y la producción final del cultivo.

Sabido es que los reguladores del crecimiento vegetal modifican las características normales del crecimiento de las plantas (Ackerman y Hamemik, 1996) y causan diversas respuestas fisiológicas (Salisbury y Ross, 1994). Las auxinas regulan la proliferación de raíces y su elongación, tanto como la dominancia apical (Mok y Mok, 2001). El ácido 1-naftalenacético (ANA) es una auxina sintética cuya aplicación tanto en viveros como en la producción a campo, ha mostrado la capacidad de inducir el proceso de enraizamiento en diferentes cultivos, tales como forestales, frutales y ornamentales (Weaver, 1999; Hartman y Kester, 2001). Particularmente en

cultivos de mandioca, el uso de ácidos indolbutírico, indolacético y naftalenacético ha sido recomendado por Montaldo (1979), con el fin de estimular la producción de raíces fibrosas y de brotes en las estacas.

De cualquier manera, el efecto del tratamiento auxínico sobre la diferenciación del sistema radical de la mandioca, no ha sido evaluado en condiciones de campo. Ningún experimento se ha propuesto investigar la expresión de tan importante raíz amilácea bajo tratamiento auxínico exógeno en condiciones naturales de cultivo. Las investigaciones en el tema se circunscriben a trabajos realizados *in vitro* (Medina *et al.*, 2003; Lima *et al.*, 2002; Albarrán *et al.*, 2003). Por su parte, González (1998) expone que las citocininas y las auxinas son los principales reguladores de la micropropagación de esta especie, siendo la concentración de la hormona determinante del crecimiento de la planta. En el caso particular del cv Palomita, Medina *et al.* (2003) observaron que este clon presentaba baja capacidad de generar embriones somáticos y que solo el tratamiento de explantes con Dicamba permitió obtenerlos.

Las diferencias genéticas entre cultivares de mandioca, en términos de formación y desarrollo del sistema radical, persisten a través de todo el ciclo del cultivo (El-Sharkawy y Cock, 1987), mostrando la posibilidad de seleccionar clones en las etapas más tempranas del ciclo (El-Sharkawy, 2003).

Por todo lo expuesto, es posible que la aplicación de ANA en estacas de mandioca plantadas a campo induzca mayor diferenciación de raíces fibrosas y consecuentemente mayor número de las mismas potencialmente podrían especializarse en el almacenamiento de reservas de almidón generando incrementos del rendimiento del cultivo.

De acuerdo con ello, el objetivo del presente estudio fue examinar el efecto de la aplicación de la auxina sintética α -naftil acetato de sodio (ANA) sobre la expresión del enraizamiento de estacas previamente almacenadas durante 4 meses, y su acción sobre el peso fresco de la biomasa (aérea, de raíces reservantes y fibrosas) y sobre el rendimiento de raíces reservantes (número y peso), tanto como sobre ciertos parámetros de calidad de raíces (diámetro, longitud y contenido de materia seca), de dos cultivares de mandioca localmente denominados Palomita y Amarilla.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo fue llevado a cabo en el Campo Experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), localizado en la Provincia de Corrientes (27°28' S, 58°16' W), durante el mes de noviembre de 2005 hasta abril de 2006. El suelo ha sido caracterizado como Udipsamente álfico, mixto hipertérmico (Escobar *et al.*, 1994). El clima es subtropical, con precipitaciones promedio de 1500 mm anuales, y temperatura media anual de 21,5 °C, la temperatura media del mes más frío (Julio) varía de 13 a 16 °C (Bruniard, 2000).

Los cultivares de mandioca utilizados en este experimento, lo constituyeron dos cultivares localmente conocidos como Palomita (P) y Amarilla (A). Todas las plantas madres se cultivaron en el huerto clonal de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo las mismas condiciones ambientales y de manejo cultural. Las ramas estaqueras obtenidas de plantas maduras de 8 meses de edad permanecieron almacenadas durante cuatro meses en posición vertical bajo la copa de árboles perennifolios y cubiertas con hojas secas de pastos naturales para proteger las yemas durante los meses de invierno. Cada cultivar de mandioca representó un experimento individual e independiente, con dos tratamientos cada uno, consistentes en estacas tratadas (P1, A1) y testigos no tratados (P0, A0) con el regulador de crecimiento ácido naftalenacético (ANA), comercialmente presentado como polvo soluble al 16% (Apponon de Bayer).

Antes de la plantación, la parte media y basal de las ramas estaqueras almacenadas fueron trozados manualmente para obtener estacas de aproximadamente 12-15 cm de longitud, 3-5 nudos y 80 g de peso fresco. Estas estacas caulinares se sometieron al tratamiento auxínico, mediante inmersión en una solución de 2 ppm de ANA, durante 8 horas, según dosis recomendada en el marbete del producto comercial. Los esquejes del tratamiento testigo, se mantuvieron únicamente en agua durante el mismo tiempo. Luego de la imbibición, por cada tratamiento se plantaron manualmente 40 estacas en posición horizontal, la distancia entre plantas y entre líneas fue de 100 cm (10.000 plantas.ha⁻¹). El ensayo fue conducido a campo tradicionalmente, sin riego y control manual de malezas mediante carpidas. El diseño experimental utilizado fue en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los

parámetros de crecimiento fueron medidos en tres fechas de muestreo: 90; 120 y 150 días posplantación (DPP) respectivamente. En cada fecha de muestreo y por cada tratamiento, ocho plantas representativas fueron cuidadosamente extraídas del campo, tomándose los siguientes datos:

Biomasa aérea total (BAT) (g.pl⁻¹): representada por el promedio del peso fresco de tallos, hojas y pecíolos.

Biomasa de raíces reservantes (BRR) (g.pl⁻¹): peso fresco promedio de las raíces reservantes. Una raíz con diámetro > 5 mm se consideró reservante.

Biomasa de raíces fibrosas (BRF) (g.pl⁻¹): peso fresco promedio de las raíces fibrosas.

Número de raíces reservantes (NRR) y de raíces fibrosas (NRF): promedio de ápices radicales

Longitud y diámetro de raíces reservantes, (LRR) y (DRR), respectivamente: del total de las raíces engrosadas de cada tratamiento, se tomó una muestra al azar de cuatro raíces y se les midió la longitud y el diámetro individual, este último en la mitad de la longitud total.

Contenido de materia seca de las raíces reservantes (%MS): diferencia promedio entre el peso fresco y el peso seco de las raíces secadas en estufa a 100-105 °C hasta peso constante, expresado en porcentaje. Para la determinación de % MS, se tomó una muestra al azar de cinco raíces por tratamiento.

Los análisis de la varianza se realizaron utilizando el software estadístico InfoStat versión 2002 (InfoStat, 2002). Para la confrontación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efectos observados a los 90 DPP

El porcentaje de enraizamiento de estacas de ambos tratamientos fue de 100%.

En los estadios tempranos del ciclo de cultivo de la mandioca, 90 DPP, no se detectaron diferencias significativas para las variables medidas BAT, BRR, BRF, NRR, NRF (Cuadro 1) y DRR (Cuadro 2) entre las plantas sometidas a tratamiento auxínico respecto de las testigo en ninguno de los cultivares bajo

estudio. Según Alves (2002), hasta los 30 DPP, el crecimiento de tallos y raíces depende exclusivamente de las reservas de almidón que se encuentran en los tallos. Consecuentemente, la respuesta observada en esta instancia pudo haber sido a expensas del contenido de reservas, tanto como del nivel de auxinas endógeno presente en las estacas de ambos cultivares de mandioca y que permitió que las estacas testigo sobrevivieran exitosamente en el campo. Por lo observado hasta este período de evaluación, se deduce que el nivel endógeno de auxinas en las estacas de mandioca fue suficiente para asegurar el enraizamiento de las mismas, hecho por el cual es tan

difundida la multiplicación de este cultivo por vía agámica (Cock, 1982).

Si bien las diferencias entre las estacas tratadas con ANA y las testigos no llegan a ser de orden estadísticamente significativo ($\alpha=0,05$), en lo que respecta a las variables NRR, BRR y BRF; si fueron favorecidas mediante el tratamiento hormonal en cultivar Palomita. En contraposición, este mismo cultivar presentó un significativo retraso en el crecimiento longitudinal de las raíces reservantes (LRR), de las plantas tratadas con ANA respecto a las plantas control (Cuadro 2).

Cuadro 1. Biomasa aérea total (BAT), número de raíces reservantes (NRR), biomasa de raíces reservantes (BRR), número de raíces fibrosas (NRF) y biomasa de raíces fibrosas (BRF) en diferentes días posplantación (DPP) tratadas con ácido naftalenacético (T1) respecto al control (T0) sobre los cvs. Palomita (P) y Amarilla (A) de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

DPP	T	BAT (kg.pl ⁻¹)		NRR (n°.pl ⁻¹)		BRR (kg.pl ⁻¹)		NRF (n°.pl ⁻¹)		BRF (g.pl ⁻¹)	
		P	A	P	A	P	A	P	A	P	A
90	0	0,68 a †	0,87 a	7,2 a	9,5 a	0,56 a	0,71 a	38,0 a	33,0 a	4,5 a	5,0 a
	1	0,66 a	0,70 a	8,2 a	6,5 a	0,58 a	0,56 a	35,2 a	33,5 a	5,1 a	4,3 a
CV		29,27	25,60	33,93	20,86	27,48	28,66	31,42	27,01	24,72	27,60
120	0	1,21 a	2,32 a	8,5 b	10,7 a	0,59 a	1,17 a	36,2 a	20,5 a	8,1 a	18,7 a
	1	1,53 a	2,56 a	13,2 a	16,0 a	0,81 a	1,59 a	33,7 a	18,2 a	5,9 b	5,4 a
CV		25,00	28,11	24,26	28,77	30,08	27,41	28,22	27,81	14,98	27,48
150	0	1,81 a	3,36 a	10,5 a	15,5 a	1,12 a	2,20 a	21,5 a	15,2 a	7,9 a	10,2 a
	1	1,45 a	3,00 a	10,0 a	13,0 a	0,99 a	2,04 a	20,5 a	13,5 a	8,0 a	12,2 a
CV		31,97	25,83	23,26	24,81	42,92	28,94	34,01	24,29	30,47	24,87

† Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente diferentes según Tukey ($p \leq 0,05$).

CV%: Coeficiente de Variación (%)

Cuadro 2. Longitud (LRR), diámetro (DRR) y contenido de materia seca (% MS) de raíces reservantes en diferentes días posplantación (DPP) tratadas con ácido naftalenacético (T1) respecto al control (T0) en los cvs. Palomita (P) y Amarilla (A) de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz).

DPP	T.	LRR (cm)		DRR (cm)		MS(%)	
		P	A	P	A	P	A
90	0	23,80 a †	26,24 a	2,32 a	1,92 a	27,92 a	21,96 a
	1	19,32 b	23,94 a	2,29 a	2,23 a	25,48 b	20,81 b
CV		13,85	10,56	14,75	29,15	0,16	0,26
120	0	27,54 a	35,18 a	2,98 a	3,36 a	29,95 a	23,07 b
	1	28,98 a	36,90 a	3,12 a	3,81 a	29,00 a	24,13 a
CV		21,32	20,03	11,13	12,85	0,75	0,72
150	0	32,72 a	24,54 b	3,82 a	3,21 a	36,99 a	30,15 b
	1	31,06 a	31,96 a	3,05 b	3,88 a	34,47 b	32,31 a
CV		23,56	17,02	9,98	17,97	0,71	0,41

† Letras diferentes muestran diferencias estadísticamente diferentes según Tukey ($p \leq 0,05$).

CV%: Coeficiente de Variación (%)

En relación a lo anterior, se cita que en esta especie la variabilidad de un mismo genotipo de mandioca es mayor que la encontrada en otros cultivos de raíces (Wheatley y Chuzel, 1993). El regulador ANA favoreció la definición temprana de los componentes del rendimiento de manera no significativa, a pesar que estas raíces crecieron longitudinalmente menos. Alves (2002), indicó que entre los 60-90 DPP, algunas raíces fibrosas (3-10) se especializan convirtiéndose en raíces de reserva, una vez que esto sucede, su habilidad para absorber agua y nutrientes decrece considerablemente. En consecuencia, la reducción manifiesta de LRR (significativa en el cv Palomita y no significativa en el cv Amarilla) probablemente haya ocurrido en una instancia previa a su especialización, aún en el estado de raíces fibrosas. El retraso observado en el alargamiento de las raíces de las plantas del cv Palomita tratadas con ANA, podría deberse a un efecto de concentración de la hormona o a un efecto de sensibilidad del tejido caulinar que constituye la estaca (Azcón-Bieto y Talón, 2000).

Esto se suma a que el tratamiento con el regulador de crecimiento generó reducciones del contenido de materia seca de las raíces de reserva (%MS) del orden de 8,7% y 5,3% para los cultivares Palomita y Amarilla respectivamente (Cuadro 2).

En este sentido, la disminución en el % MS de las jóvenes raíces reservantes habría ocurrido como consecuencia de la reducción de la longitud de las raíces aún fibrosas, las que profundizan en el suelo y son responsables de la absorción de agua y nutrientes necesarios para los procesos de asimilación en términos de contenido de materia seca. Esto corrobora lo expuesto por El-Sharkawy (2003) respecto a la importancia del sistema de raíces fibrosas de las plantas de mandioca en la captación de recursos presentes en el suelo.

De cualquier manera, según Borges *et al.* (2002) la productividad de las raíces reservantes no presenta correlación ($r=0.0814$) con el porcentaje de materia seca de las mismas en las variedades de mandioca de mesa.

Efectos observados a los 120 DPP

El efecto del tratamiento con ANA fue notorio a partir de los 120 DPP, se observaron tendencias positivas en respuesta a su aplicación en ambos cultivares. La aplicación de ANA mejoró de

manera significativa el NRR particularmente en el cv. Palomita (Cuadro 1). En esta instancia del ensayo puede observarse que el tratamiento con ANA adelantó la diferenciación de raíces reservantes, NRR, respecto a las plantas testigo (Cuadro 1), favoreciendo la especialización funcional temprana del sistema de raíces de reserva. Estos resultados están respaldados en estudios previos que lograron determinar que desde los 60 y hasta los 120 DPP se define el número de raíces reservantes (El-Sharkawy, 2003) que es uno de los componentes del rendimiento más importantes de este cultivo (Dixon y Nukenine, 2000).

El efecto del ANA de incrementar el NRR y de acelerar la inducción de las mismas ha sido ampliamente estudiado en numerosos estudios de fisiología vegetal (Hartmann y Kester, 2001; Salisbury y Ross, 2000).

En la mandioca, los órganos aéreos y las raíces se desarrollan en forma simultánea, consecuentemente los fotoasimilados se particionan entre ellos de manera competitiva a lo largo del ciclo del cultivo (El-Sharkawy, 2003). Según lo señalado por Mejía de Tafur (1997), en referencia a la distribución de los asimilados, en condiciones normales durante los 3-4 primeros meses la formación de hojas y tallos tiene prioridad sobre la formación de raíces reservantes, por su parte Howeler y Cadavid (1983) y Alves (2002) afirman que a partir de los 120 DPP, las raíces reservantes se convierten en destinos prioritarios de los fotoasimilados y proporcionalmente más materia seca es acumulada en estos órganos respecto al resto de la planta. La posible competencia por asimilados se puso de manifiesto en esta misma instancia del ensayo, cuando la BRF y el NRF, de las plantas tratadas con ANA disminuyó en ambos cultivares y de manera significativa en el cv Palomita. Las relaciones de competencia de asimilados dentro del sistema de órganos subterráneos de la planta, hizo que las raíces reservantes se convirtieran en el principal sumidero, respecto de las raíces fibrosas. Aún así no se generaron reducciones de la biomasa aérea que aún permanecería como destino prioritario.

Sería probable, que el incremento del NRR del cv. Palomita de manera estadísticamente significativa por la aplicación de ANA, aunado con un escaso incremento de la BAT hizo que las fuentes hayan resultado limitantes, por lo que no se tradujo en un incremento del %MS de las raíces reservantes. Por su parte, en el cv Amarilla, se observó una acción favorable de la hormona sobre todos los componentes

del rendimiento, si bien no de magnitud estadística, si generó un incremento significativo de la variable de calidad (%MS) que se puso de manifiesto a partir de los 120 DPP hasta el final del ensayo.

Las diferencias en el comportamiento son atribuibles a la variabilidad debida al genotipo (Velásquez, 2006) y a que los patrones de partición de asimilados difieren significativamente entre cultivares (Pellet y El-Sharkawy, 1993).

Efectos observados a los 150 DPP

Al cabo de 150 DPP, las plantas tratadas con ANA no presentaron diferencias significativas en ninguna de las variables bajo estudio respecto de las plantas testigo (Cuadro 1). El efecto de la auxina sobre el NRR del cv. Palomita observado a los 120 DPP se diluye, lo que demuestra que la acción fue solo de adelantar la diferenciación pero no incrementar el número final de raíces reservantes comerciales. El efecto de las auxinas exógenas coincide con lo expuesto por Salisbury y Ross (2000) produciendo fenómenos de iniciación y temprano desarrollo de raíces, tanto como de estimulación de raíces secundarias en los tallos. Esto constituye la base para la reproducción asexual de la especie

Desafortunadamente, las raíces reservantes de las plantas del cv Palomita que habían sido tratadas con ANA presentaron menor (%MS) y consecuentemente también menor diámetro final, DRR (Cuadro 2). Probablemente, este haya sido el costo de haber adelantado la diferenciación de raíces de reserva (NRR) respecto del testigo bajo posibles condiciones de fuente limitante, y de haber sufrido a los 120 DPP, una significativa reducción de la BRF (Cuadro 1) cuya función principal es la absorción de agua y nutrientes, con la consecuente reducción del % MS (Cuadro 2). Las observaciones sugieren nuevamente la importancia principal del sistema de raíces fibrosas en la relación suelo-planta.

Por su parte a los 150 días, la aplicación de ANA en el cv. Amarilla incrementó significativamente la LRR y el % MS en 23,2 % y 6,7% respectivamente; también el DRR fue incrementado en 17.26% respecto al testigo (Cuadro 2). Consecuentemente, el proceso de enraizamiento exhibe características específicas que se relacionan con cada cultivar (Velásquez, 2006; Lima *et al.*, 2002). El incremento del % MS observado en plantas del cv. Amarilla, es de extrema importancia para la

alimentación, dado que 90 % de la materia seca de las raíces reservantes corresponde a sustancias hidrocarbonadas, y 95% de estas representan el almidón extraíble (Ceballos y De la Cruz, 2002). Si bien en ciertos casos la aplicación de auxinas sintéticas a estacas de tallo puede inhibir el desarrollo de yemas (Hartman y Kester, 2001); en este ensayo en particular no produjo modificaciones significativas de la BAT en ningún cultivar (Cuadro 1).

CONCLUSIONES

El tratamiento con ANA, no modificó significativamente los parámetros BAT, BRR ni NRF, en ninguno de los cultivares de mandioca evaluados y en ninguna de las instancias de observación.

La aplicación de ANA adelantó la diferenciación de la variable NRR del cv Palomita. La aplicación de ANA en el cv. Amarilla incrementó los parámetros de calidad, porcentaje de materia seca, diámetro y longitud de raíces de reserva.

Las variaciones encontradas en cuanto a las variables de rendimiento y calidad están más influenciadas por el cultivar que por el regulador analizado.

La aplicación de auxinas bajo las condiciones en que se desarrolló el presente estudio no mejoró la productividad ni el rendimiento del cultivo de mandioca.

El nivel endógeno de auxinas presente en los tallos no se vería afectado durante el almacenamiento de los tallos.

RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos en el presente ensayo constituyen las primeras aproximaciones en el uso de reguladores de crecimiento bajo condiciones de campo de plantas de mandioca; nuevos estudios donde se prueben los cultivares frente a otras formulaciones, dosis y tiempos de exposición a las auxinas permitirán generar nuevos conocimientos.

LITERATURA CITADA

Ackerman, R. and H. Hamemik. 1996. Use of growth regulators in production. Combined Proceedings International Propagators' Society 46: 574-575.

- Albarrán, J.; F. Fuenmayor y M. Fuchs. 2003. Propagación clonal rápida de variedades comerciales de yuca mediante técnicas biotecnológicas. *Rev Digital del Centro de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*, N°3.
- Alves, A. 2002. Cassava botany and physiology. *In: R. Hillocks, J. Tresh and J. Bellotti (EDS). Cassava: Biology, Production and Utilization.* CABI Publishing, New York. 5: 67-89 p.
- Azcón Bieto, J. y M. Talón. 2000. *Fundamentos de Fisiología Vegetal.* Edit Universitat de Barcelona. 522 p.
- Borges, M da F.; W. M Gonçalves Fukuda e A. Guimarães Rossetti. 2002. Avaliação de variedades de mandioca para consumo humano. *Pesq. Agropec., Brasília*, 37(11) 1559-1565.
- Bruniard, E. 2000. Los regímenes climáticos y la vegetación natural. Aportes para un modelo fitoclimático mundial. *Academia Nacional de Geografía. Publicación Especial N° 16.* Buenos Aires, Argentina. 79 p.
- Ceballos, H. 2002. La yuca en Colombia y el Mundo: Nuevas Perspectivas para un Cultivo Milenario. *In: B. Ospina y H. Ceballos, (EDS). La yuca en el Tercer Milenio.* Cali, Colombia 1: 1-16.
- Ceballos, H. y G. A. de la Cruz. 2002. Taxonomía y Morfología de la yuca. *In: B. Ospina y H. Ceballos, (EDS). La yuca en el Tercer Milenio.* Cali, Colombia 2: 17-34.
- Cock, J. H. 1982. Yuca, Investigación, Producción y Utilización. Documento de trabajo N° 50, CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), Cali, Colombia. p 51-73.
- Dixon, A. G. O. and E. N. Nukenine. 2000. Genotype x environment interaction and optimum resource for yield and yield componenets of cassava. *African Crop Science Journal* 8 (1): 1-10.
- El-Sharkawy, M. 2003. Cassava Biology and Physiology *Plant Mol. Biol.* 53: 621-645.
- El-Sharkawy, M. A. and J. H Cock. 1987. Response of cassava to water stress. *Plant Soil* 100: 345-360.
- Escobar, E. H.; D. Ligier, M. Melgar, H. Matteio y O. Vallejos. 1994. Mapa de suelos de los Departamentos de Capital, San Cosme e Itatí de la Provincia de Corrientes. Publicación del Convenio del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA-ICA) y Provincia de Corrientes-CFI. 129 p.
- FAO. Food and Agricultural Organization. 1999. Database, various years. [en línea]. <http://www.fao.org/waicet/faoinfo/economic/giews/> [Consulta: 5 de marzo de 2008].
- González, E. A. J. 1998. Cultivo de ápices y meristemos. *In: La yuca en el Tercer Milenio.* Cali, Colombia. 3:35-44.
- Hartmann, H. y D. Kester. 2001. Propagación de Plantas. Principios y Prácticas. 8ª Reimpresión. Editorial Continental. México. 760 p.
- Howeler, R. H. and L. F. Cadavid. 1983. Accumulation and distribution of dry matter and nutrients during a 12-month growth cycle in cassava. *Field Crop Research* 7: 123-139.
- InfoStat. 2002. InfoStat versión 1.1. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Leihner, D. E. y A. S Andrade. 1985. Métodos y duración de almacenamiento de estacas de yuca. *In: Domínguez, C. (Comp.). Yuca: Investigación, producción y utilización.* Doc. N° 50. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo/Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 231-239.
- Lima, G. P. P., C. Barsalobres, I. S. Piza y M. P. Cereda. 2002. Efeito do BAP e ANA e atividade da peroxidase em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz cv MCol 22) cultivada *in vitro*. *R. bras. Agrociencia*, 8 (2): 107-110.
- López, J. 2002. Semilla vegetativa de yuca. *In: B. Ospina y H. Ceballos, (EDS). La yuca en el tercer milenio.* Cali, Colombia. 4: 49-75.
- Medina, R. D.; M. M. Faloci, V. Solís Neffa y L. A Mroginsky. 2003. Embriogénesis somática y regeneración de plantas de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) de cultivares de interés para Argentina. *Revista de Investigaciones Agropecuarias* 32 (3): 143-160.

- Mejía de Tafur, S.; M. A. El-Shrakawy and F. Calle, 1997. Photosynthesis and yield performance of cassava in seasonally dry and semiarid environments. *Photosynthetica* 33 (2): 249-257.
- Mok, D. W. S. and M. C. Mok. 2001. Cytokinin metabolism and action. *Annu. Rev. Plant. Physiol* 82: 59-118.
- Montaldo, A. 1979. La yuca o mandioca. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 386 p.
- Pellet, D. M. and M. A. El-Sharkawy. 1993. Cassava varietal response to phosphorus fertilization. II. Phosphorus uptake and use efficiency. *Field Crop Res.* 35: 13-20.
- Roca, W. M. y L. A. Mroginsky. 1993. Cultivo de Tejidos en la Agricultura. Fundamentos y Aplicaciones. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 969 p.
- Salisbury, F. B. and C. W. Ross. 1994. *Plant Physiology*. Wadsworth Publishing. 759 p.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2000. *Fisiología de las Plantas. Desarrollo de las plantas y Fisiología ambiental*. Edit. Paraninfo. 988 p
- Velásquez, E. J. 2006. Efecto de la variabilidad en genotipos de Yuca sobre factores vinculados a brotación y crecimiento de esquejes. *Bioagro* 18 (1): 41-48.
- Weaver, R. J. 1999. *Reguladores del crecimiento de plantas en la agricultura*. Ed. Trillas. 622 p.
- Wheatley, C. and G. Chuzel. 1993. Cassava: the nature of the tuber and use as a raw material. *In: Cassava: Biology, Production and Utilization*. CABI Publishing, New York 5: 67-89.