

Influencia de Tipos de Estacas en la Incidencia de Pudriciones Radicales de Yuca (*Manihot esculenta*)

Influence of Cuttings on Root Rot Incidence in Cassava (*Manihot esculenta*)

Maryluz Folgueras Montiel, Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Apartado 6, Santo Domingo, CP 53000, Villa Clara, Cuba; **Sergio Rodríguez Morales**, Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT), Apartado 6, Santo Domingo, CP 53000, Villa Clara, Cuba; **Lidcay Herrera Isla**, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Carretera a Camajuaní, km. 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba y **Robersy Sánchez Rodríguez**, Centro de Estudios de Informática (CEI), Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas (UCLV), Carretera a Camajuaní, km. 5.5, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Correspondencia: maryluz@inivit.cu

(Recibido: Julio 25, 2011 Aceptado: Septiembre 11, 2012)

Folgueras Montiel M, Rodríguez Morales S, Herrera Isla L y Sánchez Rodríguez R. 2013. Influencia de Tipos de Estacas en la Incidencia de Pudriciones Radicales de Yuca (*Manihot esculenta*). Revista Mexicana de Fitopatología 31: 60-64.

Resumen. En el Instituto de Investigaciones de Viandas Tropicales (INIVIT) durante el período enero-2008 enero-2010, se evaluó la influencia del empleo de estacas procedentes de tallos primarios o secundarios en clones de porte moderadamente ramificados de yuca (*Manihot esculenta*), sobre la incidencia y severidad de las pudriciones radicales, para lo que se emplearon los clones 'INIVIT Y-93-4' y 'CEMSA 74-6329'. En ambos casos en el momento de la cosecha se evaluó el peso de raíces comerciales por planta y el porcentaje de distribución e infección (severidad) de las pudriciones radicales. Como resultado se evidenció estadísticamente, que es posible emplear ramas secundarias de clones moderadamente ramificados, para reducir el porcentaje de infección de las pudriciones radicales. La selección de semilla produjo una marcada reducción en esta variable.

Palabras claves adicionales: material de plantación, prácticas agrícolas, podredumbres.

En Cuba las pudriciones radicales en yuca constituyen uno de los principales factores limitantes de la producción en la actualidad, situación que resulta favorecida fundamentalmente por los excesos de lluvia durante la temporada ciclónica o de intensas lluvias, así como por prácticas inadecuadas de manejo del cultivo (Rodríguez *et al.*, 2000a). El conocimiento de prácticas culturales como: tamaño, posición, procedencia, profundidad de plantación de las estacas, selección óptima, densidad, época de plantación, tiempo de cosecha, entre otras, permiten asegurar el éxito de la explotación agrícola en yuca

Abstract. The influence of cuttings from primary or secondary stems of moderately branched clones on incidence and severity of root rot disease was tested at the Research Institute of Tropical Root and Tuber Crops, bananas, plantains and vegetables (INIVIT) during January/2008 to January/2010. Cassava clones 'INIVIT Y-93-4' and 'CEMSA 74-6329' were used. In both cases, commercial root weight per plant and distribution and infection percentage of root rots were assessed at harvesting time. As result, it was statistically shown that secondary branches from moderately branched clones can be used to reduce infection percentage of root rot. Seed selection resulted in a marked reduction in this variable.

Additional keywords: planting material, agricultural practices, root rot.

In Cuba, currently cassava root rots are one of the main limiting factors of production, a situation that is favored mainly by excessive rainfall during the hurricane or heavy rains season, as well as from poor crop management (Rodríguez *et al.*, 2000a). Knowledge of a range of cultural practices such as: size, position, origin and depth of cuttings plantation, optimal selection, density and planting time, harvest time, among others, allow ensuring success of the cassava farming (Arismendi, 2001). Therefore, the aim of this study was to correlate the incidence of these rots to the origin (source) of the cuttings used in the plantation.

During two years the following treatments were evaluated at INIVIT: cuttings from primary stem and cuttings from secondary stem (in both cases 'INIVIT Y-93-4' and 'CEMSA 74-6329' clones). Parcels with soil without inoculate were used and they had five rows of 9 m length and the planting distance was 0.90 x 1.00 m. The cuttings were placed in a horizontal position. At the time of harvest, the following parameters were evaluated: the weight of commercial roots per plant, the percentage of distribution

(Arismendi, 2001). Por esta razón la presente investigación tuvo como objetivo relacionar la incidencia de estas pudriciones con la procedencia de las estacas empleadas en la plantación.

Durante dos años se evaluaron en el INIVIT los siguientes tratamientos: estacas procedentes del tallo primario y de tallo secundario (en ambos casos clones 'INIVIT Y 93-4' y 'CEMSA 74-6329'). Se emplearon parcelas con suelo sin inocular que tenían cinco surcos de 9.00 m de largo, y la distancia de plantación fue de 0.90 x 1.00 m. Las estacas se colocaron en posición horizontal. En el momento de la cosecha se evaluó el peso de raíces comerciales por planta y el porcentaje de distribución e infección de las pudriciones radicales provocadas por hongos fitopatógenos habitantes del suelo (*Diplodia manihotis*, *Sclerotium rolfsii*, *Mucor mucedo*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp., *Diplodia natalensis*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., *Geotrychum candidum* y *Phytophthora tropicalis*, según Folgueras *et al.* (2010)).

Se determinó el porcentaje de distribución de plantas afectadas, a través de la siguiente fórmula (Folgueras *et al.*, 2011):

$$P = n * 100 / N$$

Donde: P- Porcentaje de distribución; n- Número de plantas enfermas y N- Número de plantas evaluadas.

Para evaluar el porcentaje de infección o severidad se tuvo en cuenta la Escala de Daños descrita por Folgueras *et al.* (2011), donde: 0 = sin síntomas visibles, 1 = necrosamiento de brotes en estacas germinadas, 2 = necrosamiento de brotes tiernos y marchitez similar al estrés causado por la sequía, 3 = pudrición acuosa y blanda de la raíz con olor fétido, 4 = pudrición acuosa y blanda de la raíz con olor fétido y destrucción del sistema radicular. y 5 = pudrición interna del tocón sin síntomas en el follaje.

Los porcentajes de infección, se calcularon por la fórmula de Townsend y Heuberger en 1958, citada por Folgueras *et al.* (2011), modificada:

$$\text{Porcentaje de infección} = \frac{(ab)}{nk} 100$$

Donde: a- valores numéricos de las categorías de daños (índice de la escala), b- cantidad de plantas por categorías de daños, n- cantidad total de plantas evaluadas y K- grado máximo de la escala.

Se aplicó el ANOVA Bifactorial No Paramétrico según Sokal y Rohlf (1995), y la prueba utilizada estuvo en correspondencia con las variables a analizar. Para controlar la tasa de Error Tipo I por comparaciones y asegurar que el Error Global no excediera a 0.1, el nivel de clasificación (α) se tomó como un valor igual a 1 menos la raíz del número de comparaciones (c) de 1 menos 0.05, es decir: $\alpha = 1 - \sqrt[c]{1 - 0.05}$ (Sheskin, 2004).

Se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de distribución al emplear ramas secundarias o primarias en 2008 (Tabla 1). Los valores más bajos fueron 50.28 y 50.90 % cuando se

and root rot infection caused by pathogenic fungi living in the soil (*Diplodia manihotis*, *Sclerotium rolfsii*, *Mucor mucedo*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizopus nigricans*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium* sp., *Diplodia natalensis*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp., *Geotrychum candidum* and *Phytophthora* tropicales, according to Folgueras *et al.* (2010)).

The distribution percentage of plants affected was estimated by using the following formula (Folgueras *et al.*, 2011):

$$P = n * 100 / N$$

Where: P- distribution percentage, n-number of infected plants and N- Number of plants evaluated. To estimate the rate of infection or severity, the scale of damage described by Folgueras *et al.* (2011) was used, where: 0 = no visible symptoms, 1 = necrosis of buds in sprouted cuttings, 2 = necrosis of tender buds and wilting similar to the stress caused by drought, 3 = soft and watery root rot with foul odor, 4 = soft and watery root rot with foul odor. Destruction of the root system, and 5 = internal rot of the stump without symptoms in the foliage.

The infection percentages were calculated using the Townsend and Heuberger (1958) formula, cited by Folgueras *et al.* (2011), as amended:

$$\text{Porcentaje de infección} = \frac{(ab)}{nk} 100$$

Where: a- numerical values of the damage categories (index scale), b- number of plants by damage categories, n- total number of plants evaluated and K- maximum degree of the scale.

Non-parametric bifactorial ANOVA was applied according to Sokal and Rohlf (1995), and the test used was in correspondence with the variables to be analyzed. In order to control the Type I error rate by comparisons and make sure that the Global Error did not exceed 0.1, the classification level (α) was considered as a value equal to 1 minus the root of the number of comparisons (c) of 1 minus 0.05, i.e. $\alpha = 1 - \sqrt[c]{1 - 0.05}$ (Sheskin, 2004).

Statistically significant differences were detected between the distribution percentages when using secondary or primary branches in 2008 (Table 1). The lowest values were 50.28 and 50.90 % when secondary branches were used for 'INIVIT Y-93-4' and 'CEMSA 74-6329', respectively. In 2009 there were no differences from the statistical point of view for this analysis. Statistically significant differences were detected between the percentages of infection when using secondary or primary branches for both the years, 2008 and 2009. The lowest infection rates were achieved in 2009 with 4.31 and 3.31% for 'INIVIT Y-93-4' and 'CEMSA 74-6329', respectively, when secondary branches were used.

Comparisons (peer to peer) between treatments detected statistically significant differences between clones, regardless of using secondary or primary branches (Table 3). 'INIVIT Y-93-4' clone reached the highest yields (1.77 and 1.95 kg.plant⁻¹ in 2008 and 4.79 and 4.55 kg. plant⁻¹ in 2009),

Tabla 1. Comparación del porcentaje de distribución e infección al emplear diferentes tipos de ramas, mediante un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis.

Table 1. Comparison of distribution percentage and infection rates when using different types of branches, using a Kruskal Wallis non parametric variance analysis.

Tratamientos	Porcentaje de distribución		Porcentaje de infección	
	Año 2008 Media	Año 2009 Media	Año 2008 Media	Año 2009 Media
'INIVIT Y-93-4' (Ramas primarias)	85,47 b	5,30 a	65,42 b	5,73 b
'INIVIT Y-93-4' (Ramas secundarias)	50,28 a	5,80 a	39,12 a	4,31 a
'CEMSA 74-6329' (Ramas primarias)	76,85 b	5,52 a	59,41 b	5,38 b
'CEMSA 74-6329' (Ramas secundarias)	50,90 a	4,19 a	38,34 a	3,31 a

Por columnas (a, b) medias con letras no comunes difieren (sign. 0,05).

emplearon ramas secundarias para 'INIVIT Y-93-4' y 'CEMSA 74-6329', respectivamente. En 2009 no se revelaron diferencias desde el punto de vista estadístico para este análisis. Se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los porcentajes de infección al emplear ramas secundarias o primarias tanto para el año 2008 como en el 2009. Los porcentajes de infección más bajos se alcanzaron en 2009 con 4.31 y 3.31% para 'INIVIT Y-93-4' y 'CEMSA 74-6329', respectivamente, cuando se emplearon ramas secundarias.

Se revelaron diferencias estadísticas en el rendimiento entre los clones 'INIVIT Y-93-4' y 'CEMSA 74-6329', mientras que el efecto del factor tipo de rama no fue estadísticamente significativo (Tabla 2).

Las comparaciones (par a par) entre los tratamientos, detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los clones, independientemente de emplear ramas secundarias o primarias (Tabla 3). El clon 'INIVIT Y-93-4' alcanzó los rendimientos más elevados (1.77 y 1.95 kg.planta⁻¹ en 2008 y 4.79 y 4.55 kg.planta⁻¹ en 2009), al emplear ramas primarias y secundarias, respectivamente.

Los clones evaluados en esta investigación son de porte moderadamente ramificado y producen de 3-4 ramificaciones, la altura de la primera de ellas, se produce aproximadamente, en el 'CEMSA 74-6329' a los 40-50 cm

when using primary and secondary branches, respectively.

The clones tested on this research are little ramifications sized and they produce 3 - 4 branches, the height of the first of them occurs approximately at 40-50cm and at 50 - 60 cm in the 'CEMSA 74-6329' and 'INIVIT Y-93-4', respectively; and in both of them, the stem thickness is between 8-12cm. According Dominguez *et al.* (1983) the time at which branches occur, and the factors that control it, are not fully determined.

Rodriguez (1987) stated that the selection of propagation material is very important to obtain acceptable results, even in the case of suitable genotypes in the behavior of this character.

Cassava branching is the transformation of the vegetative apex into a reproductive one. In the erect clones, the fifth or sixth primary stem section has approximately the same age as the first or second section of the first branch in a branched clone, because in the latter, branching occurs after two months, hence it can be recommended that the secondary branches can be used for planting, as long as the diameter of the medulla oscillates between 45 and 60 % of the total diameter of the cutting (Rodriguez, 1997, Rodriguez *et al.*, 2000b).

The results obtained regarding the percentage of plants with symptoms compared to total plants evaluated in

Tabla 2. Resultados del ANOVA bifactorial no paramétrico al evaluar los efectos del tipo de ramas (primarias o secundarias) y de los clones sobre el rendimiento.

Table 2. Non-parametric bifactorial ANOVA results when evaluating the effects of branch type (primary or secondary) and the clones on the yield.

Factores	Rendimiento (kg.planta ⁻¹)			
	Año 2008		Año 2009	
	H	Significación	H	Significación
Tipo de Ramas ^a	0,069	0,793 ns	0,044	0,834 ns
Clon ^b	11,294	0,001**	10,599	0,001**
Tipo de Ramas X Clon	0,003	0,958 ns	0,011	0,916 ns

^aEl factor tipo de ramas incluye a las ramas primarias y secundarias

^bEl Factor clon incluye a 'INIVIT-93-4' y 'CEMSA 74-6329'

*Diferencias significativas para p < 0,05

Tabla 3. Comparación del rendimiento (kg.planta⁻¹) al emplear diferentes tipos de ramas, mediante un análisis de varianza no paramétrico de Kruskal Wallis.

Table 3. Yield comparison (kg.plant⁻¹) when using different branch types, by analyzing with a Kruskal Wallis nonparametric variance analysis.

Tratamientos	Rendimiento (kg.planta ⁻¹)	
	Año 2008 Media	Año 2009 Media
'INIVIT Y-93-4' (Ramas primarias)	1,77 a	4,79 a
'INIVIT Y-93-4' (Ramas secundarias)	1,95 a	4,55 a
'CEMSA 74-6329' (Ramas primarias)	0,39 b	2,61 b
'CEMSA 74-6329' (Ramas secundarias)	0,48 b	2,35 b

Por columnas (a, b) medias con letras no ocunnes difieren (sign. 0,05).

y en el 'INIVIT Y-93-4' a los 50-60 cm y en ambos, el grosor del tallo es de 8-12 cm. Según Domínguez, *et al.* (1983), el momento en el cual se producen estas ramificaciones y los factores que lo controlan, no están totalmente determinados.

Rodríguez (1987) afirmó que la selección del material de propagación tiene gran importancia para la obtención de resultados aceptables, aún cuando se trate de genotipos idóneos en el comportamiento de éste carácter.

La ramificación en yuca es la transformación del ápice vegetativo en reproductivo. En los clones de porte erecto la quinta o sexta sección del tallo primario, tienen aproximadamente la misma edad, que la primera o segunda sección de la primera ramificación en un clon ramificado, pues en este último, la ramificación se produce después de los dos meses, de ahí que se puede recomendar que las ramas secundarias sean utilizables para la plantación, siempre que cumplan la condición de que el diámetro de la médula oscile entre el 45 y 60 % del diámetro total de la estaca (Rodríguez, 1997; Rodríguez *et al.*, 2000b).

Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de plantas con síntomas respecto al total de plantas evaluadas en 2009, estuvieron influenciados por la selección de la semilla, que fue realizada al concluir el propio experimento en 2008 y para efectuar la plantación en el ciclo siguiente, pues como se apreció, se produjo una marcada reducción en esta variable en el segundo año, cuyos valores no reflejan diferencias estadísticamente significativas.

Resultó evidente que el tipo de rama empleada ejerció influencia sobre el desarrollo de la enfermedad, independientemente del clon utilizado. Esto corrobora la afirmación de numerosos autores (Lozano, 1992; Lozano y Nolt, 1994; IICA, 2007), insisten que las pudriciones radicales de yuca se transmiten por el uso de estacas enfermas, de ahí la importancia de usar semilla sana para la plantación. Álvarez *et al.* (2002), aseguran que la selección de plantas vigorosas y sanas para ser usadas como semillas, es una forma de control para la enfermedad en yuca.

El hecho de que no se manifestaran diferencias estadísticas en el rendimiento entre los tratamientos evaluados, se debió a que el porcentaje de infección en las ramas primarias fue superior al de las secundarias, se eliminaron mayor cantidad de raíces podridas, lo que provocó que el rendimiento se redujera y prácticamente se

2009, were influenced by selection of the seed that was made at the end of the experiment itself in 2008 and to carry out planting in the next cycle because, as it was noted, there was a marked reduction in this variable during the second year, whose values did not reflect statistically significant differences.

It was evident that the branch type used, influenced the disease development regardless of the clone used. This corroborates many authors claim (Lozano, 1992; Lozano and Nolt 1994, IICA, 2007) who insist that the cassava root rots are transmitted because of the use of diseased cuttings and hence the importance of using healthy seed for planting. Álvarez *et al.* (2002) affirm that the selection of vigorous and healthy plants to be used as seeds is a form to control the disease in cassava.

The fact that there were not statistical differences on the yield between treatments evaluated, was due to the fact that percentage of infection in the primary branches was higher than in the secondary ones, thus many rotten roots were eliminated causing the yield to be reduced and almost equalized.

CONCLUSIONS

The use of secondary branches reduced the percentage of root rot infection between 25 and 39 %; therefore, it is possible to use them in the moderately branched clones to reduce the percentage of severity. The seed selection produced a marked reduction in this variable during the second year.

LITERATURA CITADA

- Álvarez E, Loke J, Rivera S y Llano G. 2002. Genética de la resistencia a pudrición causada por *Phytophthora tropicalis* en dos poblaciones segregantes de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Fitopatología Colombiana Vol. 26 : 61-65.
- Arismendi LA. 2001. Investigación sobre el cultivo de la yuca en el Oriente de Venezuela. Revista UDO Agrícola 1: 1-10.
- Domínguez C, Ceballos LF y Fuente C. 1983. Morfología de la planta de yuca. Pág. 29-49. In: Domínguez CE. (eds). Yuca: Investigación, Producción y Utilización. Colombia, 660 p.

igualara.

CONCLUSIONES

El empleo de ramas secundarias redujo los porcentajes de infección de las pudriciones radicales entre 25 y 39 %, de modo que es posible emplearlas en los clones moderadamente ramificados, para reducir el porcentaje de severidad. La selección de la semilla produjo una marcada reducción en esta variable en el segundo año.

Folgueras M, Rodríguez S, Herrera L y Sánchez S. 2011. Influencia de diferentes métodos de plantación en la incidencia de las pudriciones radicales de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Revista Cuadernos de Fitopatología 28: 23-27.

Folgueras M, Rodríguez S y Herrera L. 2010. Prácticas para el manejo agroecológico de las pudriciones radicales de la yuca. Revista Agricultura Orgánica 16: 24-25.

IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. 2007. Manejo Integrado de Enfermedades del Cultivo de Yuca. CAF. Territorios Rurales. Observatorio Territorios Rurales, Síntesis de Experiencias Locales, No. 90. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Bogotá, Colombia, 4p.

Lozano JC and Nolt B. 1994. Diseases of Cassava (*Manihot esculenta* Crantz). The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. 344 p.

Lozano JC. 1992. Overview of integrated control of cassava disease. Fitopatología Brasileira 17:18-22.

Rodríguez S. 1987. Interacción Genotipo-Ambiente, clasificación de ambientes y uso de diferentes métodos de estabilidad en yuca (*M. esculenta* Crantz). 143pp. Tesis (Candidato a Doctor en Ciencias Agrícolas). Instituto Superior de Ciencias Agrícolas de La Habana, Cuba.

Rodríguez S. 1997. Estrategia de las raíces y tubérculos tropicales en Cuba. I Encuentro Nacional de Productores de Viandas efectuado en el INIVIT. Santo Domingo, Cuba: INIVIT, 1997. Pág. 2-6.

Rodríguez S, Folgueras M, Medero V y García M. 2000a. La Yuca en Cuba. Continente Yuquero. 2: 5-6.

Rodríguez S, Folgueras M, Medero V, García M, Pons C, González DL y Molina O. 2000b. Desarrollo del cultivo de la yuca (*M. esculenta* Crantz) en Cuba. Reunión Anual del Consorcio Latinoamericano y del Caribe de Apoyo a la Investigación y Desarrollo de la Yuca, CLAYUCA. Cali, Colombia, Pág. 26-39.

Sheskin D. 2004. Handbook of parametric and nonparametric statistical procedures. 3rd Ed. Western Connecticut State University, Danbury, Connecticut, USA. Eds. CHAPMAN & HALUCRC, 1184 p.

Sokal RR and Rohlf FJ. 1995. Biometry, Third Edition, W. H. Freeman and Company, New York, USA. 887 p.