

# Diferentes niveles de ploidía como estrategia de control del mal seco en yautía (*Xanthosoma* spp.)<sup>1,2</sup>

Carlos A. Bejarano-Mendoza<sup>3</sup>, Mildred Zapata<sup>4</sup>,  
Angel Bosques<sup>5</sup> y Edmundo Rivera-Amador<sup>6</sup>

J. Agric. Univ. P.R. 85(1-2):69-82 (2001)

## RESUMEN

Se evaluó la susceptibilidad de diferentes cultivares de yautía (*Xanthosoma* spp.) a la pudrición radicular mediante inoculación con *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp., dos bacterias patógenas, y la combinación de todos los organismos descritos. Se utilizaron cultivares de yautía con diferentes niveles de ploidía. Estos fueron Palma, tetraploide natural (2n = 52); Venezolana, pentaploide natural (2n = 65); Amarilla del País, tetraploide artificial inducido con colchicina (2n = 52); y Amarilla del País, diploide natural (2n = 26). El tetraploide artificial desarrollado del cultivar Amarilla del País mostró el porcentaje más alto de raíces podridas con todos los patógenos evaluados, por encima del obtenido por el diploide natural del cual se originó. Los cultivares Palma y Venezolana desarrollaron un porcentaje menor de raíces podridas que el cultivar Amarilla del País (tetraploide).

## ABSTRACT

Different levels of ploidy as a strategy for control of dry root rot in tania (*Xanthosoma* spp.)

The objective of this study was to evaluate the level of tolerance or susceptibility of different cultivars of tania (*Xanthosoma* spp.) to root rot caused by *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp., two pathogenic bacteria, and the combination of all the above mentioned pathogens associated with the disease. Under greenhouse conditions, we studied tania cultivars with different levels of natural and induced polyploidy. The cultivars used were Palma, natural tetraploid (2n = 52); Venezolana, natural pentaploid (2n = 65); Amarilla del País, artificial tetraploid induced with colchicine

<sup>1</sup>Manuscrito sometido a la junta editorial el 8 de septiembre de 1998.

<sup>2</sup>Trabajo de investigación financiado por el proyecto HATCH 369: "Bacterial diseases of edible crops and ornamental plants".

<sup>3</sup>Ex-Estudiante Graduado, Departamento de Protección de Cultivos, Universidad de Puerto Rico-Mayagüez.

<sup>4</sup>Investigadora, Departamento de Protección de Cultivos, Universidad de Puerto Rico, P.O. Box 9030, Mayagüez, P.R. 00680-9030. E-mail: M\_Zapata@RUMAC.UPRM.CLU.EDU.

<sup>5</sup>Investigador Asociado, Departamento de Horticultura.

<sup>6</sup>Investigador, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Investigación Agrícola. Estación Tropical de Investigación Agrícola. USDA-ARS-TARS. P.O. Box 70 Mayagüez, P.R. 00681-0070.

( $2n = 52$ ); and Amarilla del País, natural diploid ( $2n = 26$ ). The artificial tetraploid developed from Amarilla del País showed the highest percentage of root rot for all the pathogen treatments, higher than that of the natural diploid from which it was originated. The cultivars Palma and Venezolana showed a lower percentage of infection than cultivar Amarilla del País (tetraploid).

**Key words:** Root rot, induced tetraploid, pentaploid, diploid, tuber, tanier

### INTRODUCCIÓN

A través de los años se han mencionado muchos factores responsables de la disminución en la producción de yautía en Puerto Rico y otras partes del mundo. Sin embargo, la enfermedad conocida como mal seco, que ocasiona pudrición de raíces, se considera la más importante, por los bajos niveles de producción que causa.

En Camerún, África, la enfermedad ha logrado reducir más del 90% de la producción (Nzietchueng, 1994). En Puerto Rico, durante el período 1996-97 se produjeron 1,100 toneladas de yautía, de un registro de casi 25,000 toneladas que se producían en los años 50 (Depto. de Agric., 1998).

Dentro de todas las estrategias utilizadas para disminuir la incidencia de la enfermedad, la modificación genética de plantas juega un papel importante como una herramienta duradera encaminada a desarrollar nuevos materiales de yautía con altos niveles de rendimiento, ciclos vegetativos más cortos, y sobre todo con tolerancia al mal seco. Convencionalmente la modificación genética de plantas estuvo orientada a recolectar y evaluar diferentes materiales de yautía para observar su resistencia o tolerancia a la enfermedad bajo condiciones de invernadero y de campo. En Camerún, África, Pacumbaba et al. (1992) lograron evaluar bajo condiciones de invernadero más de 600 materiales de yautía, de los cuales llevaron los mejores al campo y en tres meses lograron identificar 42 materiales resistentes y 35 tolerantes a la enfermedad del mal seco.

Bejarano (1996) estudió los microorganismos asociados a la enfermedad del mal seco entre los cuales encontró patogénicos a los hongos *Fusarium solani*, *F. oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, *Pythium* sp. y *Sclerotium rolfsii*, y dos bacterias no identificadas.

En Puerto Rico, algunos de los materiales silvestres evaluados han mostrado altos niveles de resistencia o tolerancia a la enfermedad, pero no producen cormelos comerciales (Sotomayor, 1989). Genéticamente se ha logrado comprobar que estos materiales silvestres presentan un número de cromosomas superior al de los materiales comerciales. Algunos, como el cultivar Palma, son tetraploides ( $2n = 52$ ) y otros, como el cultivar Venezolana, son pentaploides ( $2n = 65$ ) (Rivera et al., 1990). Estos niveles de ploidía comparados con los presentados por los cultivares comerciales, diploides ( $2n = 26$ ), hacen difícil la realización de cruzamientos entre materiales resistentes o tolerantes con materiales susceptibles bastante productivos.

Esnard et al. (1993), mediante la exposición de cultivos de tejidos a colchicina, lograron duplicar el número de cromosomas de un clon con alto rendimiento del cultivar Inglesa (USDA-ARS-TARS), produciendo de esta forma tetraploides sintéticos. Estos tetraploides pueden facilitar la hibridización con el cultivar Palma u otro cultivar silvestre que presente características de resistencia o tolerancia a la enfermedad. Sin embargo, es importante conocer la reacción de estos materiales sintéticos cuando están expuestos a los causantes del mal seco.

El objetivo de este estudio fue evaluar, bajo condiciones de invernadero y en un suelo infestado con los agentes causales del mal seco, cuatro cultivares de yautía con diferentes niveles de ploidía para determinar su nivel de resistencia o tolerancia a la enfermedad.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### *Localización*

El estudio se realizó en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Protección de Cultivos de la Universidad de Puerto Rico en Mayagüez, entre los años 1994 y 1996. Se utilizaron las facilidades de los laboratorios e invernaderos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos—Servicio de Investigación Agrícola—Estación de Investigación para la Agricultura Tropical (USDA-ARS-TARS), Mayagüez, Puerto Rico.

### *Origen de los aislamientos patogénicos*

Los hongos *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp., y la bacteria 16a, aislados de plantas de yautía afectadas por la enfermedad del mal seco, se utilizaron para realizar pruebas de patogenicidad bajo condiciones de invernadero.

### *Origen de las variedades de yautía*

Los materiales de yautía utilizados fueron el cultivar Amarilla del País, diploide normal y tetraploide inducido con colchicina; y los cultivares Palma y Venezolana, tetraploides y pentaploides naturales, respectivamente. Estas variedades no producen cormelos comerciales, pero presentan bajos niveles de severidad a pudriciones radiculares (Sotomayor et al., 1989). El cultivar Venezolana aparece en la colección de yautías de la Estación Experimental Agrícola de Isabela bajo el nombre de "Tannia *xanthosoma* #1."

### *Inoculación artificial de cultivares de yautía*

Se utilizaron cinco plantas de cada cultivar, obtenidas por cultivo de tejido, por cada aislamiento patogénico. Las plantas se sembraron en tiestos que contenían una mezcla esterilizada de suelo, cachaza y Pro-

Mix<sup>7</sup> en proporción 2:1:1. La inoculación se llevó a cabo aplicando 100 ml por tiesto de la suspensión de los hongos *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Pythium* sp., la bacteria 16a y la mezcla de todos ellos. Los controles consistían de plantas sembradas de igual forma, pero sin inocular. A los 20 días se realizó una segunda inoculación, colocando en la zona de raíces de cada planta cuatro pedazos de crecimiento micelial en medio de cultivo PDA (papa, dextrosa y agar) de aproximadamente 1 cm<sup>2</sup> cada uno.

La suspensión de hongos se preparó licuando por 30 segundos el contenido total del crecimiento micelial de cuatro a cinco días de incubación a 28° C, en 300 ml de agua destilada esterilizada. Las condiciones de crecimiento y los medios de cultivo para los hongos, fue igual en las dos inoculaciones. Para la suspensión bacteriana se agregó 5 ml de agua destilada esterilizada a un plato de Petri con crecimiento total de la bacteria, con menos de 24 horas de incubación a 28° C.

Después de cinco minutos se recogió el crecimiento bacteriano con una espátula, y se completó su volumen a 300 ml. El medio de cultivo para la bacteria fue agar de nutrientes.

### *Evaluación*

Después de inoculadas, las plantas se llevaron al invernadero, y se distribuyeron en parcelas divididas bajo un arreglo completamente al azar, y permanecieron allí por dos meses bajo riego permanente y temperatura promedio de 28.7°C y humedad relativa promedio de 69.2%. Los criterios de evaluación fueron porcentaje de raíces podridas (que se determinó por conteo total de raíces por planta), altura de plantas (utilizando la tercera hoja de arriba hacia abajo y midiendo desde el suelo hasta el largo de esa hoja) y peso seco de follaje, raíces y cormelos. Los datos se analizaron con el procedimiento general para modelos lineales de SAS (SAS, 1997).

## RESULTADOS

En el cultivar Amarilla del País, diploide natural, hubo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el porcentaje de raíces podridas entre las plantas inoculadas y las plantas control, sólo cuando se inoculó con los hongos *Rhizoctonia solani* y *Sclerotium rolfsii* (Cuadro 1). En el cultivar Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente, se registraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en presencia de todos

<sup>7</sup>Las marcas registradas sólo se usan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

los patógenos evaluados incluyendo la mezcla de todos ellos. En el cultivar Venezolana, pentaploide natural, sólo se encontraron diferencias en las plantas que se inocularon con *Sclerotium rolfsii* y con la mezcla de todos los patógenos. En el cultivar Palma, tetraploide natural, no hubo diferencias significativas entre las plantas tratadas y las no tratadas, excepto en aquéllas inoculadas con *Sclerotium rolfsii* (Cuadro 1).

En cuanto a los cultivares de yautía evaluados, se detectaron diferencias significativas entre cultivares para cada tratamiento o patógeno evaluado. En general, el cultivar Amarilla del País, tetraploide inducido artificialmente, resultó ser el de mayor susceptibilidad a todos los patógenos, mientras que el cultivar Venezolana, pentaploide natural, resultó ser el de mayor tolerancia.

En altura de plantas no se detectaron diferencias significativas entre las plantas tratadas y las no tratadas, excepto en la tetraploide inducida artificialmente, en la cual se registraron diferencias en plantas inoculadas con *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii* y la mezcla de patógenos. También se observaron diferencias en plantas del diploide natural cuando éstas se inocularon con la mezcla de patógenos (Cuadro 2).

El peso seco del follaje de Amarilla del País, tetraploide inducido, fue significativamente mayor en plantas inoculadas con *Fusarium solani*, *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani* y la bacteria 16a que en el control. Sin embargo, en el cultivar Amarilla del País, diploide natural, el peso seco de las plantas inoculadas con la mezcla fue significativamente menor que en el control. En el cultivar Venezolana el peso seco fue mayor en las plantas inoculadas con *Fusarium solani* y *R. solani*. En el cultivar Palma, las diferencias significativas sólo se detectaron en plantas inoculadas con *Fusarium solani*, que resultó mayor que el testigo (Cuadro 3).

En el peso seco de las raíces se detectaron las mayores diferencias significativas en el cultivar tetraploide inducido artificialmente cuando las plantas se inocularon con *Fusarium solani*, *Pythium* sp., *Rhizoctonia solani* y la bacteria 16a, donde las raíces de las plantas inoculadas pesaron más que las de los controles. La tendencia de las raíces inoculadas a tener mayor peso versus los controles se observó en algunos de los cultivares y para uno o varios de los patógenos a la vez (Cuadro 4). En Palma y Amarilla del País (diploide natural) no se detectaron diferencias significativas entre las plantas inoculadas y sus controles.

En Amarilla del País, tetraploide inducido, se obtuvo un mayor peso de cormelos en plantas inoculadas con *Pythium* sp. y la bacteria 16a, mientras que en Venezolana, el mayor peso de cormelos se obtuvo en plantas inoculadas con *Rhizoctonia solani* (Cuadro 5).

El término cormelo empleado en este escrito hace referencia a la formación inicial a partir de la base de las hojas, es decir lo que sería el tallo o corno en plantas adultas. Esto explica el porqué los cultivares

CUADRO 1.—Porcentaje de raíces podridas en cuatro variedades de yautía (*Xanthosoma spp.*), con diferentes niveles de ploidía, inoculadas artificialmente con *Fusarium solani*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, bacteria 16 a y la mezcla de todos ellos bajo condiciones de invernadero.

Cultivares de yautía	% de raíces podridas					
	<i>F. solani</i>	<i>Pythium sp.</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>	Bacteria 16a	Mezcla
1. Amarilla del País, diploide natural	A <sup>1</sup> / 9.80 <sup>2</sup> a <sup>4</sup>	A/ 8.46 a	B/ 34.62 a	B/ 58.85 a	A/ 13.88 a	A/ 18.36 a
	12.23 <sup>3</sup> a	12.23 a	12.23 b	12.23 b	12.23 a	12.23 a
2. Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente	B/ 30.18 a	B/ 43.65 a	B/ 40.16 a	AB/ 54.84 a	B/ 39.96 a	B/ 42.54 a
	11.18 b	11.18 b	11.18 b	11.18 b	11.18 b	11.18 b
3. Venezolana, pentaploide natural	AB/ 14.10 a	A/ 10.44 a	A/ 13.21 a	B/ 40.30 a	A/ 8.206 a	A/ 22.82 a
	2.072 a	2.072 a	2.072 a	2.072 b	2.072 a	2.072 b
4. Palma, tetraploide natural	AB/ 23.33 a	B/ 29.83 a	AB/ 25.84 a	AB/ 49.72 a	A/ 18.96 a	A/ 21.18 a
	19.15 a	19.15 a	19.15 a	19.15 b	19.15 a	19.15 a

D.M.S. (0.05) = 17.10

C.V. % = 53.02

<sup>1</sup>Diferencia mínima entre cultivares, promedios de cultivares inoculados con letras mayúsculas diferentes son significativamente distintas al nivel  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Promedio de plantas inoculadas.

<sup>3</sup>Promedio de plantas control.

<sup>4</sup>Comparación de medias dentro del cultivar inoculado y el testigo.

CUADRO 2.—*Altura de plantas en cuatro cultivares de yautía (Xanthosoma spp.) con diferentes niveles de ploidía, inoculadas artificialmente con Fusarium solani, Pythium sp., Rhizoctonia solani, Sclerotium rolfsii, bacteria 16a y la mezcla de todos ellos bajo condiciones de invernadero.*

Cultivares de yautía	Altura de plantas (cm)					
	<i>F. solani</i>	<i>Pythium</i> sp.	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>	Bacteria 16a	Mezcla
1. Amarilla del País, diploide natural	A <sup>1</sup> / 23.28 <sup>2</sup> a <sup>4</sup>	A/ 26.44 a	AB/ 27.22 a	A/ 27.96 a	A/ 25.84 a	A/ 16.58 a
	24.58 <sup>3</sup> a	24.58 a	24.58 a	24.58 a	24.58 a	24.58 b
2. Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente	B/ 30.50 a	AB/ 28.54 a	A/ 21.16 a	A/ 27.14 a	A/ 28.44 a	A/ 21.46 a
	33.90 a	33.90 a	33.90 b	33.90 b	33.90 a	33.90 b
3. Venezolana, pentaploide natural	B/ 32.90 a	B/ 34.86 a	B/ 31.92 a	A/ 33.20 a	A/ 30.76 a	B/ 33.44 a
	31.90 a	31.90 a	31.90 a	31.90 a	31.90 a	31.90 a
4. Palma, tetraploide natural	B/ 31.30 a	AB/ 30.80 a	B/ 33.72 a	A/ 31.40 a	A/ 28.76 a	B/ 33.60 a
	32.22 a	32.22 a	32.22 a	32.22 a	32.22 a	32.22 a

D.M.S. (0.05) = 6.628

C.V. % = 18.13

<sup>1</sup>Diferencia mínima entre cultivares, promedios de cultivares inoculados con letras mayúsculas diferentes son significativamente distintas al nivel  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Promedio de plantas inoculadas.

<sup>3</sup>Promedio de plantas control.

<sup>4</sup>Comparación de medias dentro del cultivar inoculado y el testigo.

CUADRO 3.—Peso seco de follaje en cuatro cultivares de yautía (*Xanthosoma spp.*) con diferentes niveles de ploidía, inoculadas artificialmente con *Fusarium solani*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, bacteria 16a y la mezcla de todos ellos bajo condiciones de invernadero.

Cultivares de yautía	Peso seco de follaje (g)					
	<i>F. solani</i>	<i>Pythium sp.</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>	Bacteria 16a	Mezcla
1. Amarilla del País, diploide natural	A <sup>1</sup> / 14.31 <sup>2</sup> a <sup>4</sup> 24.06 <sup>3</sup> a	A/ 21.84 a 24.06 a	AC/ 23.55 a 24.06 a	A/ 11.48 a 24.06 a	A/ 30.44 a 24.06 a	A/ 2.890 a 24.06 b
2. Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente	B/ 36.40 a 9.192 b	B/ 42.12 a 9.192 b	A/ 31.20 a 9.192 b	A/ 13.20 a 9.192 a	B/ 45.50 a 9.192 b	A/ 9.304 a 9.192 a
3. Venezolana, pentaploide natural	A/ 42.64 a 37.83 b	B/ 49.99 a 37.83 a	B/ 53.08 a 37.83 b	B/ 33.40 a 37.83 a	B/ 46.22 a 37.83 a	B/ 40.62 a 37.83 a
4. Palma, tetraploide natural	B/ 36.00 a 16.95 b	A/ 12.55 a 16.95 a	C/ 11.82 a 16.95 a	B/ 31.43 a 16.95 a	A/ 16.57 a 16.95 a	B/ 25.97 a 16.95 a

D.M.S. (0.05) = 15.01

C.V. % = 45.64

<sup>1</sup>Diferencia mínima entre cultivares, promedios de los cultivares inoculados con letras mayúsculas diferentes son significativamente distintas al nivel  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Promedio de plantas inoculadas.

<sup>3</sup>Promedio de plantas control.

<sup>4</sup>Comparación de medias dentro del cultivar inoculado y el testigo.



Cuadro 4.—Peso seco de raíces en cuatro cultivares de yautía (*Xanthosoma spp.*), con diferentes niveles de ploidía, inoculadas artificialmente con *Fusarium solani*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, bacteria 16a y la mezcla de todos ellos bajo condiciones de invernadero.

Cultivares de yautía	Peso seco de raíces (g)					
	<i>F. solani</i>	<i>Pythium sp.</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>	Bacteria 16a	Mezcla
1. Amarilla del País, diploide natural	A <sup>1</sup> / 0.87 <sup>2</sup> a <sup>4</sup> 1.96 <sup>3</sup> a	A/ 1.29 a 1.96 a	A/ 1.71 a 1.96 a	A/ 0.92 a 1.96 a	A/ 2.16 a 1.96 a	A/ 0.21 a 1.96 a
2. Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente	B/ 4.38 a 0.91 b	B/ 8.13 a 0.91 b	B/ 5.06 a 0.91 b	A/ 0.37 a 0.91 a	B/ 6.50 a 0.91 b	A/ 0.89 a 0.91 a
3. Venezolana, pentaploide natural	A/ 0.92 a 2.84 a	B/ 5.67 a 2.84 a	C/ 10.86 a 2.84 b	A/ 2.17 a 2.84 a	B/ 7.58 a 2.84 b	B/ 6.11 a 2.84 b
4. Palma, tetraploide natural	A/ 1.41 a 1.96 a	A/ 1.15 a 1.96 a	A/ 1.24 a 1.96 a	A/ 1.96 a 1.96 a	A/ 1.29 a 1.96 a	A/ 1.17 a 1.96 a

D.M.S. (0.05) = 2.834

C.V. % = 77.10

<sup>1</sup>Diferencia mínima entre cultivares, promedios de los cultivares inoculados con letras mayúsculas diferentes son significativamente distintas al nivel  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Promedio de plantas inoculadas.

<sup>3</sup>Promedio de plantas control.

<sup>4</sup>Comparación de medias dentro del cultivar inoculado y el testigo.

CUADRO 5.—Peso seco de cormelos en cuatro variedades de yautía (*Xanthosoma spp.*), con diferentes niveles de ploidía, inoculadas artificialmente con *Fusarium solani*, *Pythium sp.*, *Rhizoctonia solani*, *Sclerotium rolfsii*, bacteria 16a y la mezcla de todos ellos bajo condiciones de invernadero.

Cultivares de yautía	Peso seco de cormelos (g)					
	<i>F. solani</i>	<i>Pythium sp.</i>	<i>R. solani</i>	<i>S. rolfsii</i>	Bacteria 16a	Mezcla
1. Amarilla del País, diploide natural	A <sup>1</sup> / 1.24 <sup>2</sup> a <sup>4</sup> 2.00 <sup>3</sup> a	A/ 0.71 a 2.00 a	A/ 1.38 a 2.00 a	A/ 1.04 a 2.00 a	AB/ 2.56 a 2.00 a	A/ 0.51 a 2.00 a
2. Amarilla del País, tetraploide inducida artificialmente	A/ 2.30 a 1.00 a	B/ 4.09 a 1.00 b	A/ 1.74 a 1.00 a	A/ 1.34 a 1.00 a	A/ 4.13 a 1.00 b	A/ 1.46 a 1.00 a
3. Venezolana, pentaploide natural	A/ 1.03 a 3.82 b	B/ 5.26 a 3.82 a	B/ 5.92 a 3.82 b	B/ 3.56 a 3.82 a	A/ 4.43 a 3.82 a	B/ 5.26 a 3.82 a
4. Palma, tetraploide natural	A/ 3.09 a 2.93 a	A/ 1.76 a 2.93 a	A/ 1.26 a 2.93 a	B/ 4.73 a 2.93 a	B/ 1.89 a 2.93 a	A/ 1.79 a 2.93 a

D.M.S. (0.05) = 2.071

C.V. % = 63.73

<sup>1</sup>Diferencia mínima entre variedades, promedios de las variedades inoculadas con letras mayúsculas diferentes son significativamente distintas al nivel  $P < 0.05$ .

<sup>2</sup>Promedio de plantas inoculadas.

<sup>3</sup>Promedio de plantas control.

<sup>4</sup>Comparación de medias dentro de la variedad inoculada y la testigo.

tetraploide y pentaploide natural (Palma y Venezolana) con tallos más largos y poco productivas en el campo, presentaron mayores pesos de cormelos que la diploide natural.

### DISCUSIÓN

La inducción a la ploidía como estrategia de mejoramiento para cruzar tetraploides naturales que poseen resistencia al mal seco no fue exitosa con el tetraploide inducido Amarilla del País. Este tetraploide presentó el efecto más severo en la pudrición de raíces cuando se inocularon los patógenos separadamente y en la mezcla. También el tetraploide de Amarilla del País fue menor en la altura de la planta, especialmente cuando se inoculó con *R. solani*, *S. rolfsii* y la mezcla de patógenos, mientras que el diploide natural mostró dicho efecto sólo con la mezcla de los patógenos.

El tratamiento con la mezcla de los patógenos indujo una pudrición significativa en el tetraploide Amarilla del País y en el pentaploide natural Venezolana aunque numéricamente fue mayor en todos los cultivares, indicando el efecto adverso de los patógenos en todos los cultivares inoculados.

Por otro lado, se observó un efecto estimulador en la producción de raíces adventicias lo que redundó en mayor peso de raíces cuando Amarilla del País (tetraploide) y la Venezolana se inocularon con *R. solani*, la bacteria y la mezcla de los patógenos. Este hecho podría relacionarse a los hallazgos de Sotomayor y colaboradores (1989), quienes encontraron muchos materiales silvestres de yautía con altos niveles de tolerancia al mal seco que no producen cormelos comerciales.

Se ha demostrado que en algunas interacciones con hongos y bacterias patógenas se pueden producir hormonas. Pozsár y Király (1966) encontraron una alta actividad de citoquininas en hojas infectadas por hongos. Durante este estudio, las plantas inoculadas no mostraron infección de hongos foliares, por lo cual el efecto estimulador de raíces puede estar ligado a la interacción de los hongos inoculados en las raíces. El peso superior de las plantas inoculadas responde al incremento de raíces adventicias en la planta como estímulo o defensa al ataque de los patógenos. Esto contrarresta el daño ocasionado a las raíces primarias. Dicha actividad disminuye el llenado de cormelos ya que la planta parece utilizar la mayor parte de los recursos en el desarrollo de raíces nuevas.

Se han identificado hormonas tales como el ácido indolacético, etileno, citoquininas y giberelinas en interacciones de plantas con microorganismos (hongos y bacterias) (Misaghi, 1982; Vidhyasekaran, 1988). El resultado de las interacciones puede ser la formación de aga-

llas, elongación, epinastía y formación de raíces adventicias. De los patógenos evaluados, *Sclerotium rolfsii* fue la única especie que estableció consistentemente diferencias significativas entre plantas tratadas y no tratadas en todos los cultivares de yautía, al inducir los mayores porcentajes de raíces podridas (variable más relevante). No obstante, con otras variables tales como altura de planta, peso seco de raíces y peso seco de cormelos no se observaron diferencias significativas. Muchas especies de hongos fitopatógenos y no patógenos, como *Puccinia graminis* f. sp. *tritici*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*, *Verticillium albo-atrum* y *Phytophthora infestans* al igual que algunas especies de bacterias como *Pseudomonas* spp., *Xanthomonas citri*, *Agrobacterium tumefaciens* y *Corynebacterium fascians* pueden producir sustancias con actividad semejante a los reguladores de crecimiento y crear un desbalance en plantas infectadas (Misaghi, 1982; Vidhyasekaran, 1988; Durbin, 1981; Goodman et al., 1967). Mace (1965) demostró que *Fusarium oxysporum* f. *cubense*, pudo producir una auxina in vitro y ésta fue caracterizada como ácido indolacético. *Fusarium vasinfectum* y *Phytophthora infestans* también produjeron ácido indolacético in vitro (Mahadevan y Fehrmann, citados por Goodman et al., 1967).

En Puerto Rico, en evaluaciones en el campo de cultivares de yautía, el mayor porcentaje de raíces podridas se encontró en plantas tetraploides de yautía inducidas con colchicina. Estos resultados reflejan cierto nivel de variabilidad entre los dos tipos de plantas y al parecer es común encontrar esta variabilidad en plantas que son inducidas por colchicina. Griesbach y Bhat (1990) mencionaron que plantas ornamentales de la especie *Eustoma grandiflorum*, inducidas a tetraploides con colchicina, desarrollaron tallos más fuertes y tamaños reducidos que les proporcionaron mayor soporte a las flores, comparadas con las plantas diploides. Ésta es una característica favorable; sin embargo, a su vez las plantas tetraploides inducidas presentaron una baja fertilidad de semillas. No obstante, esta situación, podría corregirse posteriormente como sucedió con maíz, donde, a través de mejoramiento y selección, una baja fertilidad se mejoró de un 57 a un 68% (Mastenbroek et al., 1982). En trabajos anteriores Emsweller y Ruttle (1941) habían reportado que el tetraploide inducido de la especie *Tageetes erecta* produjo flores más pequeñas que el diploide.

Este trabajo establece que las plantas de yautía inducidas a la poliploidía artificialmente con colchicina son susceptibles a la enfermedad del mal seco. La altura de plantas de yautía no fue un factor determinante para establecer un patrón de susceptibilidad o tolerancia a la enfermedad. Una planta alterada en su balance hormonal puede producir más hojas y más raíces adventicias. Aunque estas partes no son comerciales, contribuyen al peso seco.

En conclusión, la interacción de los patógenos causales del mal seco induce un efecto estimulador de raíces y follaje en los materiales poliploides. Este resultado contrasta con lo que sucede con los diploides, por lo que abre posibilidades en la investigación. Recomendamos investigar el efecto de reguladores de crecimiento como estrategia de control del mal seco y el efecto de éstos sobre el material poliploide para el desarrollo de cormelos comerciales. Los materiales poliploides ofrecen alternativas mayores de producción de semillas por lo cual se debería estimular la realización de cruces para conseguir progenies que logren heredar las características favorables de sus progenitores, como sería alta producción y resistencia al mal seco.

#### LITERATURA CITADA

- Bejarano-Mendoza, C. A., 1996. Microflora asociada a las raíces, rizoplasma y rizosfera de variedades de yautía (*Xanthosoma* spp.) afectadas por la enfermedad del mal seco: identificación, función y control. Tesis de maestría, 147 pp.
- Departamento de Agricultura del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, 1998. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Anuario Estadístico de la Agricultura de Puerto Rico.
- Durbin, R. D. (Ed.), 1981. *Toxins in plant disease*. Academic Press. New York. 513 pp.
- Emsweller, S. L. y M. L. Ruttle, 1941. Induced polyploidy in floriculture, pp. 114-132. In: Cattell, J. (Ed.). *Theoretical and practical aspects of polyploidy in crops plants*. Jacques Cattell Press Lancaster, PA.
- Esnard, J., F. Ferwerda, E. Rivera-Amador y P. R. Hepperly, 1993. Induction of tetraploidy in the tanager cultivar Inglesa (*Xanthosoma sagittifolium*). *Plant Breeding* 111:335-338.
- Goodman, R. N., Z. Király y M. Zaitlin, 1967. The biochemistry and physiology of infections plant disease. Van Nostrand Company. Princeton, NJ. 354 pp.
- Griesbach, R. J. y R. N. Bhat, 1990. Colchicine-induced polyploidy in *Eustoma grandiflorum*. *Hortscience* 25(10):1284-1286.
- Mace, M. E., 1965. Isolation and identification of 3-indoleacetic acid from *Fusarium oxysporum* f. *cubense*. *Phytopathology* 55:240-241.
- Mastenbroek, I., J. M. Dewet y C. Lu, 1982. Chromosome behavior in early and advanced generation of tetraploid maize. *Carylogia* 35:463-470.
- Misaghi, I. J., 1982. *Physiology and biochemistry of plant-pathogen interactions*. Plenum press. New York. 287 pp.
- Nzietchueng, S., 1984. Root rot of *Xanthosoma sagittifolium* caused by *Pythium myriotylum* in Cameroon. Pages 185-188. In: *Tropical root crops: Production and uses in Africa*. Proc. Trienn. Root Crop Symp. Int. Soc. Trop. Root Crops Afr. Branch 2nd. E. R. Terry, E. V. Doku, O. B. Arene, and N. M. Mahungu, eds.
- Pacumbaba, R. P., J. G. Wutoh y M. M. B. Meboka, 1992. Protocol to screen cocoyam accessions for resistance or tolerance to cocoyam root rot disease in Cameroon. *Plant Dis.* 76:768-770.
- Pozsár, B. I. y Z. Király, 1966. Phloem transport in rust infected plants and the cytokinin directed long distance movement of nutrients. *Phytopathol. Z.* 56:297-309.
- Rivera-Amador, E., A. Sotomayor-Ríos, R. Goenaga y P. Hepperly, 1990. Nuevos enfoques en la búsqueda de resistencia al mal seco en la yautía (*Xanthosoma* spp.) en Puerto Rico. Proc. Central Amer. Coop. Program for the improvement of crops and animals, El Salvador.

- SAS Institute, Inc., 1997. SAS/STAT Software: Changes and Enhancements through Release Version 6.12 Cary, NC 27513.
- Sotomayor, A., K. F. Schertz y E. Rivera, 1989. Chromosome number and cytological observations of selected *Xanthosoma* and their possible importance in breeding for dry root rot resistance. Proc. Carib. Foods Crops Soc., 25th Meet. Pointe-a-Pitre, Guadalupe 25:630-639.
- Vidhyasekaran, P., 1988. Physiology of disease resistance in plants. vol. II. CRC press, Inc. Boca Ratón, FL.