

Conservación de minitubérculos de papa con el uso de zeolita en polvo

F. Jiménez-Terry*, D. Agramonte, M. La O, M. Pérez, M. Pons, M. León-Miranda, M. Rodríguez, M. González, M. León-Quintana, M. Acosta-Suárez, Y. Alvarado-Capó, M. Leiva-Mora

*Autor para correspondencia

Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Carretera a Camajuani km 5.5. Santa Clara. Villa Clara. Cuba. CP 54 830. e-mail: felipe@ibp.co.cu

RESUMEN

La aplicación de productos naturales en la conservación de semilla desempeña un papel importante en países con climas tropicales. Con el objetivo de determinar el efecto de la zeolita en polvo en la conservación de minitubérculos de papa, se realizó este trabajo. Se determinaron variables relacionadas con la calidad de conservación de los minitubérculos en el frigorífico y en un área con ventilación natural. Los resultados mostraron que los minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo con aplicación de zeolita postcosecha presentaron menores pérdidas en la conservación en frigorífico que el resto de los tratamientos. Igualmente, los minitubérculos obtenidos en campo y a los cuales se les aplicó zeolita postcosecha tuvieron significativamente menores pérdidas que los no tratados. Se demostró que la conservación en un área con ventilación natural es una alternativa. La aplicación de zeolita en polvo a los minitubérculos permitió el almacenamiento y conservación con la calidad adecuada para una respuesta satisfactoria en campo.

Palabras clave: semilla biotecnológica de papa, *Solanum tuberosum* L., sustrato inorgánico

ABSTRACT

The application of natural products in seed conservation plays an important role in countries with tropical climates. With the objective of to determine the effect of the powdered zeolite in the conservation of potato minitubers, it was carried out this work. Variables related with the quality of conservation of the minitubers were determined in the cold storage camera and in an area with natural ventilation. The results showed that the minitubers obtained in the culture house with application of zeolite after crop presented smaller losses, in the conservation in frigorific, than the rest of the treatments. Equally, the minitubers obtained in field and to which were applied zeolite after crop had significantly smaller losses than the non treaties. It was demonstrated that the conservation in an area with natural ventilation is an alternative. The application of powdered zeolite to the minitubers allowed the storage and conservation with the appropriate quality for a satisfactory response in field.

Key words: biotechnology seed of potato, inorganic substrate, *Solanum tuberosum* L.

INTRODUCCIÓN

La conservación de papa (*Solanum tuberosum* L.) destinada a semilla, se basa en que mantengan su capacidad de germinación y calidad, que no pierdan peso, para alentar la formación de brotes vigorosos en la plantación y prevenir las pérdidas dado que los tubérculos recién cosechados son tejido vivo y, por lo tanto, susceptibles a la descomposición por incidencia de microorganismos. En algunas regiones, donde sólo hay una temporada agrícola y es difícil almacenar los tubérculos de una temporada a la siguiente sin el uso de costosa refrigeración (Eltawil *et al.*, 2006).

La conservación comienza mucho antes de guardar «la primera papa». El estado en que sale la papa de las plantaciones depende en gran medida de cómo esta llega al sitio donde se va a guardar. El crecimiento, las condiciones en que se haya cosechado y la madurez del tubérculo, son aspectos muy importantes durante este proceso. Una manipulación defectuosa es probablemente el factor que más influye en la reducción de utilidades en la conservación (Wescott, 1981).

La conservación adecuada de minitubérculos de papa, producidos en casa de cultivo, con

zeolita como sustrato, a partir de plantas cultivadas *in vitro*, es indispensable para garantizar el suministro de semilla con la calidad necesaria para la siguiente plantación agrícola (Jiménez-Terry *et al.*, 2010).

El almacenamiento es muy importante tanto en la producción de papa para consumo, industria y semilla, aunque las condiciones varían para cada una de los destinos. En papa para semilla es necesario mantener las cualidades de brotación, limitar pérdidas de peso y evitar el desarrollo de enfermedades. Las técnicas modernas de conservación de los tubérculos semilla incluyen luz indirecta, el uso de productos naturales y la reducción del periodo de almacenamiento (Zeledón, 1999).

Este trabajo se realizó con el objetivo de determinar la influencia del uso de zeolita en la conservación de minitubérculos de papa así como en su respuesta en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se utilizaron minitubérculos (semilla biotecnológica) de papa de la variedad 'Santana' de 21-55 mm de diámetro y masa

promedio entre 68 - 119 g. Estos se obtuvieron según lo descrito por Jiménez-Terry *et al.* (2010), a partir de plantas *in vitro* en la casa de cultivo con sustrato de zeolita del Instituto de Biotecnología de las Plantas (IBP).

Zeolita

La zeolita (Litonita) se obtuvo de la planta 'Tazajera' en Villa Clara con un rango de 3.0-4.0 mm de granulometría. Su composición química (%) fue: SiO₂ 66.2, Al₂O₃ 11.2, TiO₂ 0.5, Fe₂O₃ 0.3, MgO 0.6, CaO 4.5, K₂O 1.3, P₂O₅ 0.07, H₂O 4.7 y se correspondió con la descripción para su comercialización realizada por Corominas (1991). Esta fue molida hasta lograr granulometría menor de 0.02 mm.

Para su aplicación, primero se asperjó alcohol 70% (v/v) a los minitubérculos, con un aspersor manual de 500 ml de capacidad. Posteriormente, la zeolita en polvo se aplicó externamente a los minitubérculos por medio de una motomochila, de 5 kg de capacidad de explotación, a razón de 0.2 g tubérculo⁻¹. Los minitubérculos quedaron cubiertos de una fina capa de zeolita en polvo (Figura 1). Finalmente, se envasaron en sacos de polietileno (400 minitubérculos por saco).



Figura 1. Minitubérculos de papa var. 'Santana' con aplicación externa de zeolita en polvo para su conservación.

Acondicionamiento de las áreas de almacenamiento y conservación

Para la conservación se emplearon dos áreas: un frigorífico y un área con ventilación natural sin refrigeración.

El frigorífico posee una capacidad total de 600 toneladas y un diseño estructural con paredes de poliuretano expandido y equipamiento monobloque de refrigeración. La temperatura de conservación establecida fue de 4.0°C y humedad relativa de 90% (Figura 2).

Para el almacenamiento y conservación en área con ventilación natural se establecieron las condiciones de almacenamiento siguientes: área techada con falso techo de poliuretano y ventilación natural. El área recibió iluminación difusa de baja intensidad en el rango de 14.2-25.6 $\mu\text{m}^2\text{s}^{-1}$ y las temperaturas máximas y mínimas promedio fueron 21.6°C y 32.9°C.

Las paredes de las áreas de conservación se desinfectaron y pintaron previamente según los procedimientos de almacenamiento y conservación descritos por Claver *et al.* (1971). El periodo de conservación total de los minitubérculos fue de ocho meses.

Diseño experimental y procesamiento estadístico

La experimentación de conservación en frigorífico y en área con ventilación natural se realizó sobre diseños completamente

aleatorizados de 10 réplicas en cada tratamiento, con 400 minitubérculos cada una para un total de 4 000 minitubérculos por tratamiento.

En el experimento de campo se utilizó un diseño de bloques al azar y los datos fueron procesados por análisis de varianza de clasificación doble. Como procedimiento común se realizaron las pruebas de normalidad de los datos y homogeneidad de las varianzas. Los niveles de significación se determinaron por el análisis de varianza de clasificación simple y la diferencia entre los valores medios fue comparada usando la prueba de rangos múltiples de Duncan, mientras que, para las variables expresadas en porcentajes, la diferencia entre los valores se determinó mediante la prueba de proporción para dos muestras $P < 0.05$. Todos los procesamientos estadísticos fueron realizados con el paquete SPSS (PASW Statistics 18) versión para Windows.

Conservación de minitubérculos de papa en frigorífico

Con el objetivo de determinar la influencia de la aplicación de zeolita en polvo en la conservación de minitubérculos de papa variedad 'Santana' en frigorífico se desarrolló este experimento. Se constituyeron cuatro tratamientos. Como controles se emplearon minitubérculos obtenidos en campo.



Figura 2. Conservación en frigorífico de minitubérculos de papa var. 'Santana' con aplicación de zeolita en polvo postcosecha.

Tratamientos:

1. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha.

2. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% sin tratamiento poscosecha con zeolita.

3. Minitubérculos obtenidos en campo que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha.

4. Minitubérculos obtenidos en campo sin tratamiento poscosecha con zeolita.

El periodo de conservación comprendió ocho meses (desde abril a noviembre). A los dos, cuatro, seis y ocho meses de conservación se realizaron las evaluaciones siguientes:

- Pérdidas de tubérculos en la conservación (%). Los valores se obtuvieron del conteo de minitubérculos en cada evaluación y se compararon los valores con los que inicialmente fueron colocados en cada uno de los tratamientos.

- Pérdida de masa fresca de los minitubérculos en la conservación (%). Se determinó por la diferencia entre el peso inicial de los minitubérculos y su peso después de transcurrido el tiempo de conservación.

- Contenido de masa seca (%) mediante la fórmula:
 Contenido de masa seca (%) = $\left[\frac{\text{masa seca (g)}}{\text{masa fresca (g)}} \right] \times 100$

Para ello se determinó la masa fresca de los minitubérculos conservados y posteriormente estos se colocaron en una estufa a 60°C hasta peso constante.

- Contenido de almidón (%). Se determinó utilizando la técnica propuesta por Sergeeva *et al.* (2000).

Conservación de minitubérculos de papa en área con ventilación natural

Simultáneamente a la conservación en frigorífico, se desarrolló un experimento con

similares tratamientos en el área con ventilación natural. Se utilizaron 10 estantes de metal por tratamiento, con dos pisos de superficie 0.2 m² por cada uno, separados a una distancia de 20 cm. En ellos se colocaron minitubérculos con una densidad de 320 u m⁻²; 1280 tubérculos por tratamiento.

Se realizaron evaluaciones similares a las descritas en el experimento anterior.

Respuesta en campo de minitubérculos después de la conservación

Con el objetivo de determinar la respuesta en campo de los minitubérculos conservados, tanto en frigorífico como con ventilación natural sin refrigeración, se realizó este experimento.

Se estableció un experimento con diseño de bloques al azar en un suelo pardo con carbonato de un área ubicada en la empresa de cultivos varios Valle del Yabú, municipio Santa Clara.

Se plantaron 250 tubérculos por parcelas de cinco surcos con 50 unidades cada uno y cuatro réplicas por tratamiento. La distancia de plantación establecida fue de 0.90 x 0.20 m. Las atenciones culturales se efectuaron según el instructivo técnico para el cultivo y la cosecha se efectuó de forma mecanizada.

Se conformaron ocho tratamientos.

1. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha conservados en frigorífico.

2. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% sin tratamiento poscosecha con zeolita conservados en frigorífico.

3. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha conservados en área con ventilación natural.

4. Minitubérculos obtenidos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% sin tratamiento poscosecha con zeolita conservados en área con ventilación natural.

5. Minitubérculos obtenidos en campo que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha conservados en frigorífico.

6. Minitubérculos obtenidos en campo sin tratamiento poscosecha con zeolita conservados en frigorífico.

7. Minitubérculos obtenidos en campo que recibieron aplicación de zeolita en polvo poscosecha conservados en área con ventilación natural.

8. Minitubérculos obtenidos en campo sin tratamiento poscosecha con zeolita conservados en área con ventilación natural.

Se determinó la supervivencia a los 45 días después de la plantación, para ello, se realizó el conteo del número de plantas vivas y se expresó en porcentaje.

A los 90 días de la siembra se cuantificó el número de minitubérculos por planta (u) y se determinó su masa fresca (g). La evaluación se realizó a 20 plantas por surco después de las 15 primeras plantas en los tres surcos centrales de cada parcela.

Para el procesamiento de los datos de estas variables se aplicó un análisis de varianza de clasificación doble. La comparación de medias se efectuó mediante la prueba de Duncan al 5%. A partir del análisis de los resultados se seleccionó el mejor tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conservación de minitubérculos de papa en frigorífico

Los minitubérculos procedentes de la casa de cultivo con aplicación de zeolita poscosecha presentaron menores pérdidas en la conservación en frigorífico que el resto de los tratamientos. Igualmente, los minitubérculos obtenidos en campo y a los cuales se les aplicó zeolita poscosecha tuvieron significativamente menos pérdidas que los no tratados (Tabla 1).

Estos resultados corroboraron que con el cultivo de plantas en el sustrato inorgánico zeolita en la casa de cultivo se disminuyen las pérdidas de los minitubérculos posteriormente en el almacenamiento (Jiménez-Terry *et al.*, 2010) (Figura 2). Estas pérdidas fueron inferiores a las referidas por Huamán (1994) y Vokou *et al.* (2003).

Los resultados demuestran, además, las ventajas de la obtención de minitubérculos en casa de cultivo con sustrato zeolita 100% al realizar una adecuada agrotecnia del cultivo desde la plantación hasta la cosecha. Esto se relaciona con la formación de suberina en la epidermis de los tubérculos y a la protección física que ofrece este sustrato inorgánico ante los daños mecánicos que se producen en la cosecha. Además, este sustrato por sus características, en la cosecha se encuentra seco y se desprende fácilmente de los tubérculos.

Tabla 1. Efecto de la aplicación de zeolita en polvo a minitubérculos de papa var. 'Santana' sobre indicadores de la conservación en frigorífico después de 8 meses.

Conservación en frigorífico		Indicadores evaluados en la conservación de los minitubérculos		
Origen de los minitubérculos	Aplicación de zeolita en polvo	Contenido de masa seca (%)	Almidón (%)	Pérdidas (%)
Casa de cultivo	Con aplicación	25.56 a	14.53	1.38 a
	Sin aplicación	23.17 ab	14.46	3.86 b
Campo	Con aplicación	22.34 bc	14.51	4.69 b
	Sin aplicación	19.73 c	14.42	8.01 c
<i>E. estándar</i>		0.22	1.35	0.68
<i>Coef. Var. (%)</i>		7.34	14.8	14.3

(a,b,c) Medias con letras no comunes en una misma columna, difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Duncan.

El contenido de materia seca fue superior de forma significativa en los minitubérculos que fueron producidos en la casa de cultivo que tuvo como sustrato para el crecimiento y desarrollo de las plantas la zeolita cargada con granulometría menor de 4mm como señalan Jiménez-Terry *et al.* (2010).

Las pérdidas totales fueron significativamente inferiores en los minitubérculos obtenidos en casa de cultivo y con aplicación de zeolita en polvo postcosecha. Abad, (2009) advirtió que altos porcentajes de contenido de materia seca en los tubérculos se vinculan al aprovechamiento de los nutrientes que realizan las plantas en las casas de cultivo.

Las pérdidas en el almacenaje se deben principalmente a pudriciones por mala selección de los tubérculos antes de guardarlos a temperaturas elevadas, exceso de humedad a la cosecha, suelo adherido a la superficie y a la deficiente aireación durante su almacenaje. Además, existe baja en su peso por pérdidas de agua y por brotación (Vokou *et al.*, 2003).

Aunque se estima que las pérdidas de almidón representan el 10% de la pérdida total de peso al terminar el proceso de almacenamiento, el contenido de almidón no presentó diferencias entre los tratamientos.

Durante el almacenaje los tubérculos pierden agua, lo que representa el otro 90% de las pérdidas. El alto contenido de agua que

poseen los tubérculos, facilita el ataque de insectos y microorganismos que ocasionan a menudo su destrucción. Es por ello que se torna difícil conservar tubérculos de papa por largo tiempo sin que se produzcan pérdidas, que a veces pueden ser de consideración. La cámara de conservación tiene que estar libre de goteras o de áreas húmedas y con un buen sistema de ventilación (Inostroza y Méndez, 2008).

Estudios realizados por Huamán (1994), señalan que durante el almacenamiento de los tubérculos de papa, su masa está directamente relacionada con altos contenidos de masa seca, en proporción adecuada con los azúcares y el almidón. Estas características condicionan la calidad de su conservación en los frigoríficos.

La conservación de los tubérculos es muy importante, ya que de ella dependen las reservas y la sanidad de los tubérculos durante la brotación y las etapas iniciales de crecimiento en el campo (Quattrini *et al.*, 2001). Es importante controlar la temperatura, la humedad relativa del aire y la ventilación para minimizar las pérdidas durante la conservación. Las semillas de papa se pueden conservar por largos períodos a bajas temperaturas y con bajo contenido de humedad de la semilla.

Eltawil *et al.* (2006) señalan que las instalaciones de almacenamiento y conservación tienen como funciones básicas la retención del producto almacenado, la

Tabla 2. Pérdidas de masa fresca de minitubérculos de papa var. 'Santana' durante la conservación en el frigorífico.

Conservación en frigorífico		Pérdida de masa fresca de los minitubérculos (%)			
Origen de los minitubérculos	Aplicación de zeolita en polvo	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Casa de cultivo	Con aplicación	2.94 a	3.95 b	4.34 bc	4.72 bc
	Sin aplicación	3.26 ab	4.49 bc	5.29 cd	5.32 de
Campo	Con aplicación	3.36 ab	4.82 c	4.89 bc	5.64 e
	Sin aplicación	3.89 b	5.10 d	5.51 de	5.95 f
<i>E. estandar</i>		0.17	0.14	0.16	0.10
<i>Coef. Var (%)</i>		21.36	18.64	16.32	16.47

(a,b) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Duncan.

protección del producto contra el clima, y proveer un micro-ambiente en el cual la temperatura, la circulación del aire, humedad relativa y la composición de la atmósfera puedan ser fácilmente controladas.

La aplicación de zeolita en polvo a los tubérculos disminuyó las pérdidas de masa fresca de los tubérculos de la conservación en frigorífico (Tabla 2).

La pérdida de masa fresca es el efecto negativo del proceso de respiración de los tubérculos que ocurre en la conservación y trae como resultado la producción de energía debido a la hidrólisis de los almidones y de otras sustancias de reserva (Hartman y Van Loon, 1987).

La poca variación de la masa fresca de los tubérculos procedentes de la casa de cultivo con zeolita durante el período de conservación evidencia que este sustrato inorgánico mejoró este indicador de la calidad del proceso de conservación. Los minitubérculos que fueron obtenidos en la casa de cultivo tenían adherida la zeolita utilizada como sustrato en esta instalación, por lo cual recibieron durante el cultivo el efecto protector de este mineral inorgánico y con la aplicación del mismo en polvo para la conservación evitó significativamente la pérdida de masa debido a que limitó el exceso de respiración y mantuvieron la turgencia durante las etapas iniciales. Estas cualidades impiden la proliferación de microorganismos que ocasionan daños serios a los tubérculos (Febles *et al.*, 2006).

En este ensayo se comprobó la eficiencia del almacenamiento de los minitubérculos producidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita 100%, los cuales después de transcurridos ocho meses de conservación tuvieron significativamente, menores afectaciones que en los tubérculos obtenidos en campo. Al respecto Febles *et al.* (2006), muestran que varios tipos de semillas tratadas con zeolita durante 12 meses de conservación en frigorífico, lograron mayor brotación que las semillas no tratadas con este sustrato inorgánico. Los estudios realizados en varios granos indicaron que se puede lograr su conservación por más de un año y que a su vez este mineral controla

plagas. Estos mismos autores comprobaron que el efecto antimicótico de la zeolita permite que hongos asociados al medio sean totalmente controlados.

Las zeolitas se caracterizan por su habilidad para absorber y perder agua con facilidad; esta propiedad inhibe la proliferación de microorganismos. Las zeolitas naturales son minerales abundantes en Cuba y pueden ayudar a solucionar los graves problemas que causan la elevada humedad atmosférica en el almacenamiento de semillas (Febles *et al.*, 2006).

La conservación es de gran importancia en la calidad del tubérculo de papa para ser usado como semilla, estos deben estar completamente sanos para evitar plantaciones débiles y pérdidas (Driskill *et al.*, 2007).

Conservación en área con ventilación natural

La conservación en área con ventilación natural tuvo resultados satisfactorios en la variable pérdida de masa fresca de los tubérculos hasta los 4 meses de conservación con valores similares a los descritos para conservación de semilla en países de climas templados que no utilizan refrigeración y en periodos de tiempo superiores a los 6 meses.

En la conservación en área con ventilación natural de los minitubérculos de papa, a los ocho meses se observó que las pérdidas de masa fresca fueron significativamente inferiores en aquellos a los que se les aplicó zeolita postcosecha sin diferencias con los obtenidos en la casa de cultivo con sustrato zeolita y sin aplicación posterior (Tabla 3)

Arvanitoyannis *et al.* (2008) se refieren a la evaluación de diferentes indicadores de calidad de los tubérculos en la conservación y exponen que la pérdida de masa fresca es uno de los factores fundamentales de la conservación con calidad.

Las pérdidas de minitubérculos se incrementaron significativamente a partir de los 4 meses en todos los tratamientos (Tabla 4). Sin embargo, la mayoría de estos

Tabla 3. Pérdida de masa fresca de minitubérculos de papa var. 'Santana' durante la conservación en área con ventilación natural.

Conservación en área con ventilación natural		Pérdida de masa fresca de los minitubérculos (%)			
Origen de los minitubérculos	Aplicación de zeolita en polvo	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Casa de cultivo	Con aplicación	7.01 a	8.24 ab	15.66 c	26.03 d
	Sin aplicación	7.45 a	8.63 ab	15.13 c	26.88 d
Campo	Con aplicación	7.87 a	8.32 ab	15.78 c	27.59 d
	Sin aplicación	8.95 ab	10.21 b	17.50 c	31.12 e
	<i>E. estándar</i>	0.17	0.14	0.16	0.10
	Coef. Var. (%)	21.36	18.64	16.32	16.47

(a,b,c,d,e) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Duncan.

sistemas son recomendables por un período de tiempo corto (1 -3 meses) (Inostroza y Méndez, 2008).

Atendiendo a estos resultados, se demostró que la conservación de minitubérculos de papa en área con ventilación natural con aplicación de zeolita en polvo es una alternativa. Las semillas, una vez cosechadas, necesitan cuidados para conservar su capacidad germinativa y las técnicas modernas de almacenamiento de semilla buscan luz indirecta para fortalecer brotes de los tubérculos (Ittersum *et al.*, 1990) y el uso de productos naturales que garanticen la calidad de las semillas y un rendimiento estable en la plantación posterior a la conservación (Llorens, 2007).

No se observó la presencia significativa de plagas en los minitubérculos conservados. Muchos agricultores que cultivan papa en países de climas tropicales conservan papas

en condiciones naturales: ellos señalan que escogiendo los tubérculos semillas, un día se solea; después se amontona en el cuarto y frente a la puerta (Huarte e Inchausti, 1994). No se observó la presencia significativa de plagas en los minitubérculos conservados.

Muchos agricultores que cultivan papa en países de climas tropicales conservan papas en condiciones naturales: ellos señalan que escogiendo los tubérculos semillas, un día se solea; después se amontona en el cuarto y frente a la puerta (Huarte e Inchausti, 1994).

Respuesta en campo de minitubérculos de papa después de la conservación

Se observó que el número de tubérculos por planta de los minitubérculos obtenidos en la casa de cultivo, después de su conservación en frigorífico, fue significativamente superior al resto de los tratamientos (Tabla 5). Igualmente, la masa fresca de los

Tabla 4. Pérdidas de minitubérculos de papa var. 'Santana' en la conservación en área con ventilación natural.

Conservación en área con ventilación natural		Pérdidas de minitubérculos en la conservación (%)			
Origen de los minitubérculos	Aplicación de zeolita en polvo	2 meses	4 meses	6 meses	8 meses
Casa de cultivo	Con aplicación	8.7 a	13.2 bc	43.6 e	55.9 fg
	Sin aplicación	9.3 ab	15.8 bc	46.7 ef	63.4 gh
Campo	Con aplicación	10.8 ab	16.4 c	61.4 g	71.8 h
	Sin aplicación	14.9 bc	21.6 d	68.9 gh	86.3 i
	<i>E. estándar</i>	0.34	0.47	0.38	0.21
	Coef. Var. (%)	19.67	15.32	16.29	11.38

(a,b,c,d,e,f,g,h,i) Medias con letras no comunes difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Duncan.

Tabla 5. Respuesta en campo de minitubérculos de papa var. 'Santana' después de su conservación con el uso de zeolita.

Origen de los minitub.	Conservación		Superv. (%)	Número de tubérculos por planta (u)	Masa fresca de tubérculos por planta (g)	
	Área	Aplicación zeolita polvo				
Casa de cultivo	Frigorífico	Sí	98.0 a	10.3 a	672.45 a	
		No	95.0 a	9.8 a	668.24 a	
	Ventilación natural	Sí	94.5 a	8.3 b	593.16 b	
		No	92.7 ab	7.4 c	564.38 b	
Campo	Frigorífico	Sí	94.2 a	8.5 b	692.14 a	
		No	93.8 a	8.1 b	679.64 a	
	Ventilación natural	Sí	88.6 bc	5.6 d	458.43 c	
		No	80.2 c	4.9 e	422.12 c	
	<i>E. estándar</i>			0.45	0.26	8.48
	<i>Coef. Var (%)</i>			14.27	19.43	22.46

(a,b,c) Medias con letras no comunes en una misma columna, difieren significativamente para $p < 0.05$ según la prueba de Duncan.

minitubérculos por planta fue superior en los tratamientos donde se realizó la conservación en frigorífico. Los tubérculos obtenidos mostraban las características típicas de la variedad (Figura 4).

Becky *et al.* (2010) refieren que en sus ensayos lograron elevados rendimientos en el campo al utilizar minitubérculos producidos en casa de cultivo en comparación con los tubérculos semilla de campo.

El origen de los minitubérculos tuvo influencia en la respuesta del rendimiento en campo después de la conservación. La aplicación de zeolita en polvo para la conservación mejoró el rendimiento de los minitubérculos en el campo.

CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación demostraron que fue posible conservar minitubérculos de papa en áreas con ventilación natural lo cual constituye una alternativa que puede reducir el gasto energético en el programa de producción de semilla de este tubérculo. Los minitubérculos que recibieron aplicación de zeolita en polvo mantuvieron la calidad después de la conservación y una adecuada respuesta en campo. La calidad en la conservación de los minitubérculos de papa producidos en casas de cultivo con sustrato zeolita 100% permite disponer de la semilla biotecnológica de este cultivo para las plantaciones posteriores con elevados índices de brotación y rendimiento en campo.



Figura 4. Tubérculos de papa var. 'Santana' obtenidos en campo.

REFERENCIAS

- Abad, A (2009) Comercialización de la zeolita en Villa Clara. Tercer Taller Internacional sobre Zeolitas Naturales Cubanas. Noviembre 9-10. Holguín, Cuba
- Arvanitoyannis, IS, Vaitis O, A Mavromatis (2008) Physico-chemical and sensory attributes in conjunction with multivariate analysis of two potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars after 90 days of storage: an exploratory authentication study. *International Journal of Food Science & Technology*, 43: 1960–1970.
- Becky R, Candy NF, Keith (2010) Maximizing Greenhouse-grown Minituber Yields using Controlled Release Fertilizers. *Am. J. Pot Res* 87:83–147
- Claver, FK, Mitidieri A, Bianchini PR (1971) Influencia del origen y tratamiento con bajas temperaturas de la papa semilla sobre el rendimiento de la segunda plantación en la zona de Rosario. *Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Buenos Aires. Serie 2. Biología y Producción Vegetal VIII* (1)
- Corominas, E (1991) Experiencia comparativa de distintos sustratos para cultivos hortícolas bajo invernadero. *Revista Agrícola Vergel* 141:492-501
- Driskill, EP, Knowles, LO, Knowles NR (2007) Temperature-induced changes in potato processing quality during storage are modulated by tuber maturity. *American Journal of potato research* 84: 367-383
- Eltawil, M, Samuel D, Singhal O (2006) Potato storage and ecommons library Potato Storage Technology and Store Design Aspects. Vol. VIII. *CIGR E-Journal*
- Febles, GJ, Ruíz TE, Crespo G, Delgado MA, Cué JL (2006) Evaluación del uso de zeolita para el almacenamiento de semillas. En línea En: *Buscagro, Junio. Cuba. www.buscagro.com/biblioteca/PinardelRio/zeolitas* Consultado: diciembre 2009
- Hartman, KJ, CD Van Loon (1987) Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars. 1. Influence of storage period and temperature on sprouting characteristics. *Potato Research* 30: 397-409
- Huamán, Z (1994) *Ex situ* conservaron of potato genetic resources at CIP. *CIP Circular* 20 (3): 2-7
- Huarte, M, M Inchausti (1994) La producción de papa en la Argentina y su relación con el Mercosur. *Actas III Simposio de Integración Hortícola del Sur. Montevideo.*
- Inostroza, J, Méndez, P (2008) VI. Almacenaje papa INIA. Carillanca. Instituto de Investigaciones agropecuarias (INIA), Estación Experimental Carillanca. Temuco. *Boletín Técnico del Curso Taller Conservación de Papa: 87-106* En línea En: www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR36511 Consultado: diciembre 2009
- Ittersum, MK, K Scholte, LJP Kupers (1990) A method to assess cultivar differences in rate of physiological ageing of Seed tubers. *American Potato Journal* 67: 603-613
- Jiménez-Terry, F, Agramonte D, Pérez M, León M, Rodríguez M, de Feria M, Y Alvarado-Capó (2010) Producción de minitubérculos de papa var. 'Desirée' en casa de cultivo con sustrato zeolita a partir de plantas cultivadas *in vitro*. *Biotecnología vegetal* 10 (4): 219-228
- Llorens, J A (2007) La contextualización del trabajo de laboratorio. Una propuesta para un curso universitario de Química General. *Educación Química* 18 (4): 259-267
- Quattrini, M M, J A Saluzzo, HM Fontán (2001) Effect of seed potato storage prior to semi-early planting and of the foliage destruction moment on the commercial yields of late potato planting in Córdoba (Argentina). *AGRISCIENCIA XVIII*: 13-19
- Sergeeva, LI, de Bruijn SM, Koot-Gronsveld EAM, Navratil O, Vreugdenhil D (2000) Tuber morphology and starch accumulation are independent phenomena: evidence from ipt-transgenic potato lines. *Physiol Plant* 108: 435–443
- Vokou, D, Varletzidou S, P Katinakis (2003) Effects of aromatic plants on potato storage; sprout suppression and antimicrobial activity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 47 (3): 223-235
- Wescott RJ (1981) Tissue culture storage of potato germoplasm. Minimal growth storage. *Potato Res.* 24: 341-342
- Zeledón, R (1999) Desarrollo sostenible y desarrollo agrario. *Agronomía costarricense* 23 (2): 215-227