Infomin, Vol. 15, enero-diciembre 2024, E-ISSN: 1992-4194, http://www.infomin.co.cu

Artículo Original

Empleo de minerales industriales cubanos en el manejo y conservación de semillas y granos

Use of cubanindustrial minerals in the handling and conservation of seeds and gans

https://cu-id.com/2144/v15e15

Daniela Martín Hervé[1]*, Lidia Calzada González[1], Rubén Sánchez Curiel[2], José Fresneda Buides[2]

RESUMEN: El objetivo del trabajo es mostrar los resultados alcanzados en el estudio de los minerales: zeolita natural y modificada; carbonato de calcio; caolín y bentonita, con alta disponibilidad en Cuba en estado natural y modificado, y con alto valor agregado (AVA), en la evaluación a escala ampliada para la conservación de semillas y granos a corto, mediano y largo plazo, estos permiten dadas sus características y propiedades, mantener un ambiente adecuado, estabilizar la humedad y evitar la presencia de insectos y otras plagas. Los minerales antes mencionados demostraron a escala de laboratorio que mejoran y resuelven los graves problemas que causan la elevada humedad relativa en el almacenamiento y conservación de las semillas. En esta etapa se evalúa a escala ampliada en campo la efectividad con semillas de quimbombó (variedad tropical C-7) y el frijol común (variedad Güira-89). Se aplicó el método de encapsulamiento o peletización de las semillas por roleo con los minerales micronizados, utilizando temperatura controlada y temperatura ambiente, resultando efectivo a escala de laboratorio. Al aplicar los productos del CIPIMM, se obtienen los mejores resultados, no siendo así con el testigo (semillas sin tratamiento). Se evidencia una tendencia a favorecer la conservación con las arcillas empleadas, siempre que esta se realice bajo condiciones controladas. Las evaluaciones realizadas con las diferentes semillas tratadas y conservadas a temperatura ambiente, dan como resultado una tendencia a la no aparición de enfermedades fungosas con la zeolita enriquecida con caolín, sulfato de cobre, Zinc, la zeolita natural y el carbonato de calcio, en ese orden, aspectos ya vistos en la escala de laboratorio.

Palabras clave: Escala ampliada, semillas, encapsulamiento, enfermedades fungosas.

ABSTRACT: The objective of this work is to show the results achieved in the study of minerals: natural and modified zeolite; calcium carbonate; kaolin and bentonite, with high availability in Cuba in natural and modified states, and with high added value (HAV), in the evaluation on an expanded scale for the conservation of seeds and grains in the short, medium and long term, these allow given their characteristics and properties, maintain an adequate environment, stabilize humidity and avoid the presence of insects and other pests. The aforementioned minerals demonstrated on a laboratory scale that they improve and solve the serious problems caused by high relative humidity in the storage and conservation of seeds. In this stage, the effectiveness with okra seeds (tropical variety C-7) and common bean (variety Güira-89) evaluated on an expanded scale in the field. The method of encapsulation or pelletization of the seeds applied by rolling with the micronized minerals, using controlled temperature and room temperature, proving effective on a laboratory scale. When applying CIPIMM products, the best results obtained, which is not the case with the control (untreated seeds). There is a tendency to favor conservation with the clays used, as long as this carried out under controlled conditions. The evaluations carried out with the different seeds treated and preserved at room temperature, result in a tendency towards the non-appearance of fungal diseases with the zeolite enriched with kaolin, copper sulfate, Zinc, natural zeolite and calcium carbonate, in that order, aspects already seen on the laboratory scale.

Keywords: Enlarged scale, seeds, encapsulation, fungal diseases.

Recibido: 11/12/2023
Aprobado en su forma original: 23/01/2024

[1]Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM), Carretera Varona, No. 12028 Km 1½, Boyeros, La Habana, Cuba. lcalzada@cipimm.minem.cu
[2]Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT), Calle 1 esq.2, Santiago de las Vegas, Boyeros, La Habana, Cuba. jfresneda48@gmail.com
*Correo Electrónico: daniela@cipimm.minem.cu

Conflicto de Intereses: Los autores de este trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.
Contribuciones de los autores: Conceptualización: Daniela Martín Hervé. **Análisis formal de datos:** Daniela Martín Hervé y Lidia Calzada González. **Investigación:** Daniela Martín Hervé Lidia Calzada González, Rubén Sánchez Curiel y José Fresneda Buides. **Metodología:** Daniela Martín Hervé, Lidia Calzada González, Rubén Sánchez Curiel y José Fresneda Buides. **Redacción-borrador original:** Daniela Martín Hervé. **Redacción-revisión y edición:** Daniela Martín Hervé.

Este artículo se encuentra bajo licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0)

INTRODUCCIÓN

Las semillas constituyen el elemento más importante en la solución del problema alimentario mundial y en dependencia de su calidad, pueden incrementar los rendimientos entre un 25 y un 50 %. Su producción es una tarea vital y estratégica que desempeña un importante papel en el desarrollo de los planes de producción de cualquier zona, municipio, provincia o país, FAO (1982).

La calidad de las semillas está dada fundamentalmente por su capacidad para germinar y producir una planta normal. Está determinada por un complejo de condiciones que son el producto de las interacciones más favorables entre las posibilidades genéticas de la especie y el medio bajo el cual las semillas son producidas, cosechadas, procesadas y almacenadas. Así las semillas almacenadas requieren de ciertas condiciones que, de no estar presentes, pueden hacer perder la viabilidad y disminuir la germinación ulterior de la semilla cosechada.

La investigación en esta etapa evaluó a escala ampliada diferentes minerales industriales, ya estudiados a escala de laboratorio y banco, abundantes en Cuba en su estado natural y modificado con alto valor agregado (AVA) que permiten, dadas sus características y propiedades, mantener un ambiente adecuado para la conservación de semillas y granos a corto, mediano y largo plazos, estabilizar la humedad y evitar la presencia de insectos y otras plagas. Dentro de estos, podemos mencionar la zeolita, el carbonato de calcio, caolín y la bentonita. Estos minerales pueden sustituir importaciones, mejorar o resolver los graves problemas que causan la elevada humedad relativa en el almacenamiento y conservación de las semillas.

Es conocido que los factores que en estrecha interrelación pueden conducir al deterioro, la pérdida del vigor y de la viabilidad total o parcial son: la temperatura, la humedad, la presión de oxígeno, las bacterias, los hongos, los insectos y los roedores. Atendiendo a lo antes abordado la investigación propone la efectividad de los minerales industriales en la conservación y almacenamiento de semillas hortícolas, oleaginosas y granos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales empleados

La adquisición, preparación y caracterización de los productos obtenidos a partir de muestras representativas de zeolita y otros minerales naturales para el desarrollo de la investigación, se realizó en el Centro de Investigaciones para la Industria Minero Metalúrgica (CIPIMM).

La zeolita natural del yacimiento San Ignacio, Carbonato de calcio (Coco Peredo), Caolín (Santa Elena) y Bentonita natural (Managua), los que al ser productos naturales libre de químicos garantizan prácticas ecológicas durante la conservación y almacenamiento de las semillas, de especie de interés para la agricultura además de contribuir con la sustitución de importaciones, permiten un manejo seguro y menos costoso.

Los productos desarrollados a partir de la zeolita natural son: Zeolita modificada con Zinc (ZZn), Zeolita modificada con Cobre (ZCu).

Estos productos se utilizan para la investigación de la protección de semillas y granos, el empleo de semillas y granos utilizando los protocolos convencionales de conservación contra muestras testigos. La colecta y selección de semillas, granos y oleaginosas fue realizado por el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” (INIFAT).

Tabla 1. Especies a evaluar

Grupo	Familia	Especie
Hortalizas	Apiácea	quimbombó
Granos	Fabácea	Frijol común

Se iniciaron los ensayos germinación y patología de la semilla de la especie quimbombó, variedad Tropical C-17, conservado a temperatura ambiente (30 ± 2 ° C), así como la conservación en condiciones de refrigeración a la temperatura de 10 ± 2 ° C. Se montaron 75 semillas por tratamiento de las dos variantes en estudio, incluyendo el testigo (semillas sin tratamiento) no se utiliza ningún otro protector ajustándose a la disponibilidad real que poseen los productores. A los 21 días se inició la evaluación de la germinación luego a los 25 días se evaluó la presencia de enfermedades o patógenos en las plantas germinadas, según las normas de ISTA (2016).

Posteriormente en esta misma etapa de la investigación, se realizaron los ensayos a semillas de frijol Común (variedad Güira-89), conservadas durante 15 meses en condiciones de frío controlado (10 ± 2 ° C), así como aquellas conservadas a temperatura ambiente (30 ± 2 ° C). Se utilizaron 75 semillas por tratamiento incluyendo el testigo. A los 10 días del montaje de los experimentos, se procedió a determinar el vigor y la germinación, así como la presencia de patógenos alojados en las plantas, según la metodología ISTA (2016). Se completó el estudio de las varianzas de la etapa de escala de banco.

Equipos

1. Balanza analítica.
2. Analizador de distribución del tamaño de partículas
3. Molino de anillo.

4. Molino planetario.
5. Tamices para la clasificación granulométrica de las muestras.
6. Bureta graduada.
7. pH metro.
8. Bolsas de polipropileno
9. Frigorífico (incubadora)
10. Herramientas propias del trabajo en el campo.

Métodos empleados

Método de Peletizado o encapsulado

El método utilizado para conservar las semillas, consiste en recubrir las semillas con una capa inerte para homogeneizar su forma y tamaño, en su construcción se usan polvos inertes y un cementante para que le dé rigidez. Las sus tancias de relleno deben ser hidrófilas, no ofrecer resistencia al embrión cuando comienza a germinar, de granulometría homogénea, además deben permitir una buena cobertura e intercambio gaseoso y lógicamente no tienen que ser fitotóxicas. Se usan talcos, arcillas, arena fina, carbonato de calcio y derivados de la celulosa. Las semillas peletizadas mantie nen su capacidad de conservación en forma similar a las semillas desnudas. Operativamente facilita la siembra con sembradoras mecánicas ya que estas máquinas necesitan semillas grandes, pesadas y redondas.

El peletizado es la técnica más avanzada y efectiva en el tratamiento de semillas para siembra. La peletización cambia la forma física de la semilla, homogeneizándola en tamaño y forma y facilitando su siembra mecánica. La peletización le da valor agregado a la semilla, como una mejor y más rápida germinación, retención de humedad y emergencia de mayor número de plantas establecidas, mejor sanidad, mayor rendimiento por hectárea y mejor calidad de cosechas.

En la investigación se realiza el peletizado por roleo, utilizando una relación de 50 g de producto/Kg de semillas, para las grandes (quimbombó y frijol común), en este caso el producto se considera los minerales (variantes en estudio) y la muestra testigo correspondiente a la semilla sin empleo de variantes.

La continuidad de la investigación en esta etapa, exigió la preparación de 16 muestras que contienen 250 g cada una de los productos base minerales para nuevas evaluaciones, en correspondencia con los resultados alcanzados en la escala de laboratorio y de banco, el montaje de los experimentos para la evaluación de semillas tratadas con las variantes en estudio (Zeolita - Cu, Zeolita - Zn, Zeolita natural. Bentonita y caolín, para el período de 15 y 21 mes de conservación de semillas a temperatura ambiente. Especie Frijol Común y quimbombó.

Definición de procedimientos tecnológicos. Selección de semillas

Para hacer la selección de las especies se tomaron como referencias los mayores volúmenes empleados en la producción de alimentos y las características de los cultivos. Se realizó la preparación del terreno, por parte del productor emprendedor perteneciente a las CCSS Camilo Torres (ver fg.1 y 2). Se seleccionó las semillas a emplear teniendo como condición que hubiesen sido obtenidas en las últimas evaluaciones a escala de laboratorio y banco desarrolladas por el INIFAT. Los minerales a emplear fueron definidos siguiendo el siguiente orden:

> Zeolita natural, Zeolita modificada con cobre, Zeolita modificada con Zinc, Bentonita natural, Caolín y Carbonato de calcio.

Las especies a evaluar en el proyecto son: Frijol Común y quimbombó. Se determinó evaluar la conservación de las semillas bajo 2 condiciones ambientales:

- A temperatura ambiente (30 ± 2° C).
- En condiciones de refrigeración constante (10 ± 2° C).



Figura 1. Preparación del terreno

Siembra directa

El método a emplear en todos los casos fue el de siembra directa. Se siguieron los períodos de incubación establecidos para cada especie en los Ensayos de Germinación, según las normas NC 618 (2008) e ISTA (2016), así como los criterios de plántulas normales, anormales, enfermas y muertas (Kameswara Rao*et al.,* 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Montaje de los experimentos según las variantes previstas. Evaluación de los parámetros fisiológicos (germinación y vigor). Evaluación del estado sanitario de las plantas, Interpretación estadística de resultados.

En el tercer trimestre del 2023 se realiza la conservación a temperatura ambiente del Frijol Común. Para el desarrollo de la investigación se encapsulan las semillas con una relación de 50 g/Kg, las semillas resistieron las condiciones de alta temperatura impuestas, por lo antes mencionado. Para períodos de conservación de solo 15 y 21 mes en todas las variantes se obtuvieron plantas vigorosas y sanas (ver figuras 3 y 4).

Las arcillas empleadas fueron efectivas para favorecer la protección de las semillas y detener la acción negativa de la microflora presente bajo las condiciones de temperatura más intensa. Por ello el segmento de conservación del frijol Común a temperatura ambiente fue mantenido; a pesar que los mejores resultados se obtienen en temperaturas controladas.

Conservación de frijol Común bajo condiciones controladas. Se produjo germinación en todas las variantes, lo que fue favorecido por la acción menos perjudicial del ambiente a que quedó expuesto el ensayo (Tabla 2).

Es de destacar, que con los productos del CIPIMM se obtienen mejores resultados que con los testigos sin tratamientos, aunque con la zeolita natural, la zeolita zinc, el carbonato de calcio y la bentonita se observa un déficit de un 20% en la germinación, pero en ningún caso hubo presencia de enfermedades.

Ya en esta etapa se corrobora que con el Testigo se alcanza una germinación inferior que el resto de las variantes con un 50,6 %, incluso con diferencias significativas en la salud de las plantas germinadas.

Los valores más prometedores en el período fueron alcanzados por las variantes Zeolita - Cu y Caolín, con un 100 % de plantas germinadas y sanas.

En la figura 3 y 4 por ejemplo, se puede comparar de forma cualitativa el resultado obtenido de las muestras testigo contra los productos elaborados por



Figura 2. Identificación de las diferentes muestras en el campo



Figura 3. Selección de las semillas



Figura 4. Semillas de quimbombó 15 meses

Tabla 2. Germinación y estado sanitario del frijol Común 15 meses bajo condiciones controladas

Variantes	Germinadas	Enfermas	Totales	% de Germinadas
Testigo	38	6	75	50,6
Zeo - Cu	75	0	75	100
Zeo - Zn	60	0	75	80
ZeoNat	75	0	75	100
CaCO3	65	0	75	86,6
Caolín	75	0	75	100
Bentonita	63	0	75	84

Tabla 3. Germinación y estado sanitario del frijol Común 15 meses bajo temperatura ambiente

Variantes	Germinadas	Enfermas	Totales	% de Germinadas
Testigo	26	16	75	34
Zeo - Cu	75	0	75	100
Zeo - Zn	58	0	75	77
ZeoNat	70	0	75	93
CaCO3	49	0	75	65,3
Caolín	75	0	75	100
Bentonita	57	0	75	76

Tabla 4. Germinación y estado sanitario del frijol Común 21 meses bajo temperatura controlada

Variantes	Germinadas	Enfermas	Totales	% de Germinadas
Testigo	16	16	75	21,3
Zeo - Cu	75	0	75	100
Zeo - Zn	68	0	75	90,6
ZeoNat	73	0	75	97,3
CaCO3	69	0	75	92
Caolín	75	0	75	100
Bentonita	68	0	75	90,6

Tabla 5. Germinación y estado sanitario del frijol Común 21 meses bajo temperatura ambiente

Variantes	Germinadas	Enfermas	Totales	% de Germinadas
Testigo	10	8	75	13,3
Zeo - Cu	75	0	75	100
Zeo - Zn	62	0	75	82,6
ZeoNat	70	0	75	93
CaCO3	54	0	75	72
Caolín	75	0	75	100
Bentonita	56	0	75	74,6



Figura 5. Frijol con muestra testigo



Figura 6. Frijol con caolín y zeolita cobre

el CIPIMM en los períodos que se evalúan (15 y 21 meses), observándose mayor germinación, vigor y calidad en la muestra con Caolín y con zeolita cobre.

El frijol común tanto en condiciones controladas como temperatura ambiente logra el 100 % de germinación con semillas de 15 y 21 mes de conservación en presencia de la zeolita cobre y el caolín. Con los productos zeolita natural, carbonato de calcio y bentonita el porciento de germinación se encuentra entre un 90 y un 97 en temperatura controlada y con la temperatura ambiente entre un 65 y 93 %.

Quimbombó

Los resultados obtenidos sobre semillas de quimbombó tratadas y conservadas condiciones de temperatura controlada, así como bajo régimen de temperatura ambiente ratificó la efectividad de los productos del desarrollados por el CIPIMM en el control de la humedad y de las plagas para las especies estudiadas. Así mismo con la muestra testigo se observan algunas afectaciones por la presencia de los patógenos *Fusarium semitectum* y *Macrophomina phaseolina*.

Es de destacar los resultados satisfactorios alcanzados con la zeolita cobre y el caolín, aunque todas las formulaciones han dado una respuesta positiva, muy a diferencia de las semillas sin tratamiento.

Se ratifica como se eleva la efectividad con la presencia de temperaturas controladas. Es de resaltar como en estas nuevas condiciones y para el quimbombó la zeolita cobre y el caolín son efectivos al no aparecer la presencia de patógenos ni

Tabla 6. Germinación y estado sanitario del quimbombó conservada a temperatura ambiente (15 y 21 mes)

Variante	15 mes		21 mes		15 m	21 m
	Germinadas	Enfermas	Germinadas	Enfermas	% Germinadas	% Germinadas
Testigo	30	22	26	18	40	34,6
Zeo - Cu	75	0	75	0	100	100
Zeo - Zn	73	3	73	7	97,3	97,3
ZeoNat	72	5	70	6	96	93
$CaCO_3$	72	3	69	7	96	92
Caolín	75	0	75	0	100	100
Bentonita	75	2	74	0	100	98,6

Tabla 7. Germinación y estado sanitario del quimbombó conservado a temperatura controlada (15 y 21 mes)

Variante	15 mes		21 mes		15 m	21 m
	Germinadas	Enfermas	Germinadas	Enfermas	% Germinadas	% Germinadas
Testigo	56	14	55	15	74,6	73,3
Zeo - Cu	75	0	75	0	100	100
Zeo - Zn	75	0	73	0	100	97,3
ZeoNat	73	0	74	0	97,3	98,6
CaCO3	74	0	71	5	98,6	94,6
Caolín	75	0	75	0	100	100
Bentonita	75	0	73	3	100	97,3



Figura 7. Vigor del quimbombó (15 meses)



Figura 8. Quimbombó con 21 meses

enfermedades fungosas, lográndose una germinación del 100 % en las semillas conservadas durante 15 y21 mes. Aunque con el carbomato de calcio y la bentonita hay presencia de patógenos y enfermedades fungosas, esta es muy inferior a la incidencia sin tratamiento en los testigos de los experimentos.

En las figuras 7 y 8 se muestra el cultivo en campo del quimbombó con 15 y 21 mes de conservación.

Para el quimbombó las semillas tratadas con zeolita modificada cobre y caolín, tanto en temperatura controlada como ambiente se logra una germinación del 100 %. Con la zeolita natural, el carbonato de calcio y la bentonita en ambas condiciones se logran porcientos de germinación entre un 92 y 100 %.

Se continuan los ensayos para las semillas lechuga, tomate y habichuela.

CONCLUSIONES

1. Los productos evaluados alcanzan una alta germinación con el frijol común y el quimbombó tanto en condiciones controladas como temperatura ambiente para semillas con 15 y 21 mes de conservación.

2. Es, bajo condiciones controladas que se reafirman la mejor efectividad de todos los productos evaluados.
3. En todas las muestras con los productos minerales se ratifican los resultados de la escala de laboratorio en la respuesta ante las enfermedades fungosas y control de patógenos es superior a los testigos.
4. En presencia de los productos evaluados el vigor alcanzado por las plantas es superior al mostrado por los testigos.

BIBLIOGRAFÍA

Asociación Internacional para los Ensayos de Semillas (ISTA). 2016. "Reglas Internacionales para el Análisis de Semillas". Zürichstr. 50, CH-8303 Bassersdorf, Suiza: 192, ISSN: 2310-3655.

Ávila M., M. Romero, W. López, N. Cli Sánchez, Y. Alejos y A. Espinoza (2017): Evaluación de dos condiciones de almacenamiento refrigerado para el mantenimiento de la calidad fisiológica de semilla de soya de la variedad 'FP90-6103' por períodos prolongados. Edición Especial de la Revista Alcance 73:2017 123 - 134. Fundación para la investigación Agrícola Danac, San Felipe, Yaracuy, Venezuela.

FAO.1982. Especes fruitieres forestieres: fiches techniques. FAO, Forets, 34:5-11 Available:<http://wwwaoorg/docrep/016/t10006f/t0006f00.pdf >, [Consulted: May 19, 2023]

Febles Pérez, G. J., T. E. Ruiz Vázquez, G., Crespo López, M., Delgado Navarro, Vento, A. D. & Cué, J. L. 2020. Evaluación del uso de la zeolita para el almacenamiento de semillas.

Fresneda, J. A. 2015. Control de calidad de las semillas. En Manual para la producción y conservación de semillas. INIFAT- CISP. 146-149 pp.

Oficina Nacional de Normalización. 2008. Agricultura - semillas agrícolas - muestreo. NC 617 2008 ICS: 65-020-20. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura, 20 p.

Oficina Nacional de Normalización. 2008. Ensayos de semillas agrícolas - Determinación de la germinación. 618 2008 ICS: 65-020- La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura, 19 p.

Kameswara Rao, N., Hanson, J., Dulloo, M. E, Ghosh, K., Nowell, D. & Larinde, M. 2007. Manual para el manejo de semillas. Manuales para Bancos de Germoplasma No. 8. Biodiversity International.165 p., ISBN: 978-92-9043-757-4.

Rodríguez Nodals A. & Fresneda Buides, J. A. 2018. Variedades y semillas. En Genética, genómica y fito mejoramiento. Tomo I. 53 - 85p. Editorial UH, ISBN: 978-959-7211-90-7.