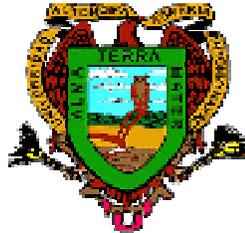


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**EFFECTO DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES EN LA
ESTIMULACIÓN DE LA GERMINACIÓN Y VIGOR EN SEMILLA
DE SORGO (*Sorghum bicolor*, L.)**

Por:

FRANCISCO JAVIER OLIVARES SILVA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

DIVISION DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

**EFFECTO DE PRODUCTOS ORGÁNICO-HORMONALES EN LA
ESTIMULACIÓN DE LA GERMINACIÓN Y VIGOR EN SEMILLA DE SORGO
(*Sorghum bicolor*, L.)**

Por:

FRANCISCO JAVIER OLIVARES SILVA

TESIS

Que Se Somete a Consideración del H. Jurado Examinador Como Requisito
Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por:

EL PRESIDENTE DEL JURADO:

ING. RENÉ A. DE LA CRUZ RODRÍGUEZ

SINODAL

SINODAL

DR. MARIO E. VÁZQUEZ BADILLO

ING. NELSON ALONSO RUIZ

SINODAL SUPLENTE

ING. ÁNGEL R. RIVERA MUÑIZ

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

MC. ARNOLDO OYERVIDES GARCÍA

ÍNDICE

Contenido	Pág.
Índice de Cuadros	i
Índice de Figuras	ii
Índice de Cuadros en Apéndice	iii
Agradecimientos	iv
Dedicatorias	vi
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
Hipótesis	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Concepto de semilla	4
Semilla de calidad	6
Clasificación de semilla	6
Germinación	7
Tipos de germinación	8
Factores que afectan a la germinación	9
Vigor	13
Causas de la variabilidad del vigor de las semillas	15
Latencia	15
Factores que causan la latencia	17
Métodos para superar la latencia	17
Deterioro	18
Causas del deterioro	19
Agricultura orgánica	20
Composta	20
Método de composteo	22
Lombricultura	23
Lombricomposta	23

Ácidos húmicos y fúlvicos	25
Ácidos húmicos	25
Ácidos fúlvicos	26
Biodigestados líquidos	27
Beneficios del biodigestado líquido	27
Fitohormonas	28
Hormona vegetal	28
Auxina	29
Giberelina	29
Citosina	30
Ácidos absísico	31
MATERIALES Y METODOS	32
Ubicación del sitio experimental	32
Material genético	32
Tratamientos	32
Descripción de los materiales orgánico-hormonales	33
Preparación de los tratamientos	39
Tratamiento de las semillas	40
Laboratorio (proceso de siembra)	41
Parámetros a evaluar	42
Invernadero (proceso de siembra)	44
Parámetros a evaluar	44
Análisis estadístico	46
Modelo estadístico	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	48
Laboratorio	48
Germinación estándar	50
Longitud media de plúmula	51
Longitud media de radícula	52
Peso seco de plántula	54
Invernadero	56

Emergencia total	58
Peso fresco de plántula	59
Peso seco de plántula	60
Longitud media de plúmula	61
Longitud media de radícula	62
CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
LITERATURA CITADA	68
APÉNDICE	71

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
Cuadro 2.1. Proporción de elementos que constituyen la composición química de una composta.	22
Cuadro 3.1. Análisis de laboratorio para detectar el contenido de fitohormonas en productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.	37
Cuadro 3.2. Resultados de laboratorio para detectar el contenido de microelementos derivados de la lombricultura y composteo.	38
Cuadro 3.3. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (Equivalente a 15 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización en la zeatina de los productos comerciales.	39
Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales.	48
Cuadro 4.2. Comparación de medias para las variables evaluadas en semillas de sorgo tratadas con productos orgánico-hormonales (letras iguales indican resultados estadísticamente iguales).	49
Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales.	56
Cuadro 4.4. Comparación de medias para las variables evaluadas en semillas de sorgo tratadas con productos orgánico-hormonales.	57

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado 9 días después de la siembra.	51
Figura 4.2. Longitud media de plúmula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluadas nueve días posteriores a la siembra.	52
Figura 4.3. Longitud media de radícula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluadas nueve días posteriores a la siembra.	53
Figura 4.4. Peso seco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los diez días después de la siembra.	55
Figura 4.5. Porcentaje de emergencia en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado diecinueve días después de la siembra.	59
Figura 4.6. Peso fresco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los diecinueve días después de la siembra.	60
Figura 4.7. Peso seco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los veinte días después de la siembra.	61
Figura 4.8. Longitud media de plúmula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomada a los diecinueve días después de la siembra.	62

Figura 4.9. Longitud media de radícula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomada a los diecinueve días después de la siembra. 63

INDICE DE CUADROS EN APÉNDICE

Cuadro A.1. Análisis de varianza para la variable de germinación estándar en la etapa de laboratorio. 72

Cuadro A.2. . Análisis de varianza para la variable de longitud media de plúmula en la etapa de laboratorio. 72

Cuadro A.3. Análisis de varianza para la variable de longitud media de radícula en la etapa de laboratorio. 72

Cuadro A.4. Análisis de varianza para la variable de peso seco de plántula en la etapa de laboratorio. 72

Cuadro A.5. Análisis de varianza para la variable de emergencia total en la etapa de invernadero. 73

Cuadro A.6. Análisis de varianza para la variable de longitud media de plúmula en la etapa de invernadero. 73

Cuadro A.7. Análisis de varianza para la variable de longitud media de radícula en la etapa de invernadero. 73

Cuadro A.8. Análisis de varianza para la variable de peso fresco de plántula en la etapa de invernadero. 73

Cuadro A.9. Análisis de varianza para la variable de peso seco de plántula en la etapa de invernadero. 74

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por cuidarme, darme la fuerza y el ánimo para superar los obstáculos que pudieron impedir que lograra uno de los muchos objetivos que me he propuesto en mi vida, además de brindarme salud y dejarme vivir junto a los seres que más quiero en esta vida.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de formar parte de ella para poder lograr mi formación y así hacer realidad esta meta.

Al Ing. René Arturo De la Cruz Rodríguez, por su participación en la realización del presente trabajo, por su gran esfuerzo realizado para poder emprender mi formación, por brindarme su gran amistad y apoyo incondicional durante mi estancia en la Narro, le agradezco infinitamente.

Al Ing. Nelson Alonso Ruiz, por todo su esfuerzo y dedicación hacia éste trabajo, por trabajar juntos en la realización del mismo, por su gran amistad y darme la oportunidad de conocerlo como una persona a quien admiro y respeto enormemente, gracias amigo.

Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo, por su gran colaboración para realizar éste trabajo, por transmitirme sus conocimientos en el aula de clase y sus consejos brindados.

Al Ing. Ángel Ramón Rivera Muñiz, por su participación en la elaboración del presente trabajo y su amistad mostrada.

A la Ing. Martina De la Cruz Casillas, por su participación en la revisión del presente trabajo.

A todos mis compañeros de generación, por los valiosos momentos que compartimos juntos, y a quienes les deseo que cumplan y triunfen en todas sus metas que se propongan.

A mis más apreciados y distinguidos amigos: Jesús Reynaga, Ernesto Pantoja, Sergio Arturo Ayala, Juan Luis Cabello, Daniel Chepetla, Guillermo Pacheco, Raúl Barbosa, José Cuellar, José Feliciano, Gerardo Choca, Carlos Amado, Daniela Martínez y Roxana con quienes compartí grandes momentos de felicidad, momentos de estudio, les deseo lo mejor y que triunfen en su vida.

A mis compañeros de cuarto: Víctor Hugo Chepetla y Luis Echaverría, con los cuales compartimos momentos de convivencia y que me demostraron su amistad y compañerismo durante todo éste tiempo, les deseo lo mejor, ánimo.

DEDICATORIAS

A mis padres

Javier Olivares Montoya y Ángela Silva García, a quienes agradezco infinitamente su confianza que depositaron en mi, brindándome todo su apoyo, por darme la oportunidad de lograr una de mis metas más anheladas en mi vida y que con el sudor de sus frentes se esforzaron para hacer de esto una realidad, es por eso que con todo mi amor y afecto les ofrendo el presente trabajo, que Dios los bendiga y los ampare siempre, los quiero mucho papás.

A mi esposa

Olivia Montero Téllez, por el gran apoyo, paciencia y comprensión de su parte, lo cual fue lo que impulsó y me motivó aún más para poder lograr mi objetivo, además por ser la persona con quien comparto mi vida y grandes momentos de felicidad, a ti, que has estado conmigo en las buenas y en las malas y que me has dado lo más preciado que tenemos en la vida, una hija (Fernandita), por lo cual me es de gran especial dedicarles éste trabajo con mucho cariño y orgullo, las amo.

A mi hija

Fernandita, con mucho amor para ti bebita por ser la alegría y felicidad de la casa, por quien redoblé mi esfuerzo y dedicación para salir adelante y poder ofrecerte lo mejor, ya que comienzas a emprender un bonito camino, que Dios te cuide pequeña.

A mis hermanos

Yanet, Juan Carlos, Mayra y Guadalupe Ángel, gracias por su apoyo y aprecio incondicional, espero que siempre sigamos manteniéndonos unidos como hasta hoy y que al igual que siempre podrán contar conmigo, que Dios los bendiga.

A mis abuelitos

Lorenzo Olivares y Maximina Montoya, gracias por su apoyo, cariño y consejos que me brindaron y que me sirvieron de mucho para poder seguir adelante, los respeto y quiero eternamente, que Dios los bendiga.

Francisco Silva y Socorro García, que aunque no estén ya con nosotros los sigo llevando dentro de mi corazón y los seguiré queriendo infinitamente, porque seguramente desde el cielo están iluminando mi camino .

A mis suegros

Rumaldo Montero Martínez y Enedina Téllez Teniente, por su comprensión, sus consejos y por darme siempre ánimos para seguir adelante, les agradezco de todo corazón, Dios los cuide.

Al Ing. Florentino Amasende León

Por todo su apoyo incondicional, por hacerme ver las cosas diferentes a través de sus consejos brindados y que gracias a ellos me dio ánimos para seguir adelante e iniciar mi proceso de formación, por confiar en mí y por ser una persona a quien admiro y respeto mucho, gracias infinitamente por todo.

INTRODUCCION

El sorgo es uno de los principales cultivos en el mundo, ocupando el quinto lugar en cuanto a superficie sembrada después del trigo, maíz, arroz y cebada. El consumo de éste se ha incrementado en los últimos años debido a que es de suma importancia para la alimentación humana y en la elaboración de productos balanceados para el consumo animal. En México, es de gran importancia, debido a que es uno de los países que mayor producción tiene a nivel mundial y además de ser uno de los principales consumidores en el mundo. Los estados que más contribuyen a la producción nacional de sorgo son: Guanajuato, Tamaulipas, Michoacán y Sinaloa con el 73.5 %.

Una de las problemáticas que se tiene en la producción de cultivos básicos, es que a veces no se cuenta con semillas de calidad para efectuar dicho proceso, ya que para tener resultados satisfactorios en cuanto a producción y rendimiento, se requiere que éste insumo lleve a cabo sus funciones fisiológicas de una manera satisfactoria. Este problema, afecta mucho a los pequeños productores que son de bajos recursos, ya que la mayoría de ellos en nuestro país utilizan semilla de su cosecha anterior para el siguiente ciclo de producción. El emplear éste tipo de semillas para su producción no es conveniente, ya que no se sabe que características de calidad pueda tener

principalmente en cuanto a germinación y vigor se refiere, sin embargo se recurre a ello debido a los problemas antes mencionados.

Es por eso que se requiere generar productos a base de residuos orgánicos como una alternativa a la economía, que estén al alcance de los productores que los requieren, fáciles para su aplicación y que principalmente puedan mejorar las condiciones y/o características de la calidad fisiológica (germinación y vigor) de las semillas, además de que sean competitivos con los productos existentes en el mercado y que sean productos que nos ayuden a conservar y mejorar las condiciones del ecosistema. Por lo anterior, el presente trabajo de investigación plantea los siguientes objetivos.

Objetivo general

- Obtener un producto orgánico-hormonal (derivado de la lombricultura y composteo) que estimule la germinación en semilla de sorgo, y que compita con los existentes en el mercado.

Objetivos específicos

- Evaluar los productos orgánico-hormonales, derivados de la lombricultura y composteo, en la germinación y vigor de semilla de sorgo.

- Determinar el o los mejores productos que reflejen la mayor respuesta, en las concentraciones dadas a las variables evaluadas, tanto en laboratorio como en invernadero.
- Hacer la comparación de estos productos con los existentes en el mercado Nacional.

Hipótesis

- Al menos un producto orgánico-hormonal tendrá el potencial estimulante en la germinación y vigor de las semillas de sorgo.
- Al menos un producto orgánico-hormonal igualará y/o superará a los existentes en el mercado.

REVISIÓN DE LITERATURA

Semilla

Moreno (1996), menciona que para fines agronómicos y comerciales se conoce como semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad semilla) que se emplean en las siembras agrícolas. De acuerdo al criterio que se utiliza en la botánica, una semilla verdadera es aquel embrión en estado de latencia, acompañado o no de tejido nutricional y protegido por el episperma. A su vez, Besnier (1988), cita que las semillas son unidades de diseminación sexual de las plantas, procedentes del desarrollo de los óvulos de sus flores; están compuestas de uno o varios embriones y reservas nutritivas, así como de una o varias capas protectoras originadas a partir de los tegumentos del óvulo, del ovario y de los tejidos de otras partes de la flor.

La FAO (1985), define a la semilla como la precursora de la siguiente generación en la vida de una planta. Por otro lado, se dice que la semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas, que tiene la función de multiplicar la especie a la cual pertenecen. Para que la semilla llegue a su objetivo es necesario que el embrión se transforme en una plántula que sea capaz de

mantenerse por sí misma y finalmente convertirse en una planta adulta (<http://www.euita.upv.es>).

Semilla de calidad

Peñaloza (2001), cita que la calidad de las semillas es un concepto que involucra muchas variables que dependen en gran medida de las metodologías de producción, cosecha y almacenaje, la complejidad de esto involucra al menos aspectos relacionados con los atributos genéticos, sanitarios, fisiológicos y físicos que muchos autores lo asocian con el concepto de vigor de las semillas.

Moreno (1996), menciona que los aspectos más importantes en el análisis de semillas agrícolas es la pureza física, éste parámetro en conjunto con la pureza varietal, poder germinativo, el vigor, la sanidad así como el contenido de humedad, definen la calidad de las semillas, y para su evaluación se han desarrollado métodos específicos que pueden ser utilizados en los programas de producción y comercialización de las semillas certificadas. Por su parte la FAO (1985), reporta que las propiedades que determinan la calidad de las semillas se clasifican en dos tipos:

1. Propiedades internas de la semilla: pureza varietal, carencia de enfermedades, alta germinación y vigor.

2. Propiedades externas de la semilla: pureza analítica, clasificación por tamaño, contenido de humedad. Estas características deben mantenerse a su más alto grado de calidad.

Clasificación de semillas

Semillas latentes

Moreno (1996), cita que las semillas latentes son aquellas semillas viables (diferentes a las semillas duras) que no son capaces de germinar aún cuando éstas dispongan de las condiciones que se especifican para cada especie. La viabilidad de dichas semillas se puede determinar mediante la prueba de tetrazolio y su germinación se puede acelerar mediante la escarificación y aplicación de sustancias promotoras de la germinación. Es necesario registrar el porcentaje de semillas latentes.

Semillas duras

Se les clasifica de ésta manera a este tipo de semillas debido a que son todas aquellas que permanecen duras al final de una prueba de germinación, debido a que no absorben agua por que tienen cubierta impermeable; por ejemplo, en las semillas de las familias *Leguminosae* y *Malvaceae*. Para éste caso se debe también registrar el porcentaje que presentan las semillas duras en una prueba de germinación.

Semillas muertas

El mismo autor (1996), indica que las semillas muertas son aquellas que no germinan y que no se les clasifica como latentes o duras, deberán ser consideradas como semillas muertas.

Germinación

Moreno (1996), define a la germinación como la emergencia y desarrollo de las estructuras principales descendientes del embrión y que de acuerdo a estas se manifiesta la capacidad de la semilla para producir una planta normal y de calidad bajo condiciones que le sean óptimas para dicho evento. Sin embargo, Besnier (1988), cita que la germinación comienza cuando en la semilla después de un reposo, reanuda o activa la maquinaria bioquímica para llevar a cabo sus procesos metabólicos. La terminación de la germinación coincide con la iniciación de la actividad fotosintética, lo cual acelera totalmente el metabolismo de la plántula nacida de la semilla.

Por su parte, Hartmann y Kester (1982), mencionan que para la iniciación de la germinación requiere que se cumplan tres condiciones esenciales: 1). La semilla debe ser viable; esto es, el embrión debe estar vivo y ser capaz de germinar. 2). La semilla no debe estar en letargo ni el embrión quiescente. No deben existir barreras fisiológicas o físicas que induzcan letargo ni barreras químicas para la germinación. 3). La semilla debe estar expuesta a las

condiciones ambientales apropiadas: disponibilidad de agua, temperatura adecuada, provisión de oxígeno y en ocasiones de luz.

En cambio, Flores (2004) define germinación como una serie de eventos que dan como resultado la transformación de un embrión en estado quiescente a una plántula, éste proceso termina cuando la planta ya no utiliza los nutrientes que le proporciona la semilla y pasa a ser un organismo autótrofo.

Duffus y Slaughter (1985), citan que la germinación es un proceso de cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen.

Tipos de germinación

Las semillas, de acuerdo a la posición de los cotiledones respecto a la superficie del sustrato, pueden diferenciarse en la forma de germinar, de esta manera podemos distinguir los dos tipos diferentes de germinación: germinación epígea e hipógea (<http://www.euita.upv/es>).

Germinación epígea

En la germinación epígea, los cotiledones emergen del suelo debido al crecimiento del hipocótilo (porción comprendida entre la radícula y el punto de

inserción de los cotiledones), posteriormente, en los cotiledones se diferencian cloroplastos, transformándolos en órganos fotosintéticos y actuando como si fueran hojas y finalmente comienza el desarrollo del epicótilo (porción del eje comprendido entre el punto de inserción de los cotiledones y las primeras hojas). Las especies que presentan éste tipo de germinación son: cebolla, judía, mostaza y lechuga.

Germinación hipógea

En cambio, en la germinación hipógea, los cotiledones permanecen enterrados; únicamente la plúmula atraviesa el suelo, el hipocótilo es muy corto, casi nulo. Después, el epicótilo se alarga, apareciendo las primeras hojas verdaderas, las cuales son los primeros órganos fotosintetizadores de la plántula. Este tipo de germinación se presenta en las semillas de los cereales como: trigo, maíz, cebada, entre otros (<http://www.euita.upv/es>).

Factores que afectan a la germinación

Los factores que afectan la germinación los podemos dividir en dos tipos: factores ambientales y factores propios de la semilla.

Hartmann y Kester (1982), citan que los factores ambientales que afectan la germinación son:

Agua

El contenido de agua es un factor muy importante en el control de la germinación de la semilla. Con menos del 40 o 60 % de agua en la semilla (con base en peso fresco) no se efectúa la germinación. Una curva de absorción de agua por semillas secas tiene tres partes: a) una absorción inicial rápida, que su mayor parte es de imbibición, b) un período lento y c) un segundo incremento rápido a medida que emerge la radícula y se desarrolla la plúmula.

Las semillas secas tienen una gran capacidad de absorción de agua durante la imbibición debido a su naturaleza coloidal, cuando están almacenadas o estando en el medio de germinación. Dicha capacidad varía con la naturaleza de la semilla y la permeabilidad de las cubiertas, pero la absorción depende también de la disponibilidad de agua en el medio circundante. Una vez que la semilla germina y emerge la radícula, la provisión de agua de la plántula depende de la capacidad del sistema radicular para crecer en el medio de germinación y de la capacidad de las nuevas raíces para absorber agua.

Temperatura

Hartmann y Kester (1982), explican que la temperatura es tal vez el factor más importante que regula la germinación y controla el crecimiento subsiguiente de las plántulas. Las semillas secas, que no han imbibido agua pueden soportar temperaturas extremosas.

Para la germinación de las semillas, por lo regular, se definen tres puntos de temperatura (mínima, óptima y máxima), que varían de acuerdo a la especie. La temperatura mínima es aquella más baja para una germinación efectiva. La máxima es la temperatura más elevada en que puede ocurrir la germinación.

Los límites superiores pueden ser determinados ya sea por el límite letal o por los efectos de inducción de letargo. La temperatura óptima para la germinación queda en el rango en que se obtiene el mayor porcentaje de plántulas con la tasa más elevada, en la que las semillas de la mayoría de las plantas que no están en letargo es de 25 a 30 °C.

Aeración

Hartmann y Kester (1982), mencionan que un buen intercambio de gases entre el medio de germinación y el embrión es básico para una germinación rápida y uniforme. El oxígeno (O₂) es esencial para el proceso de respiración de las semillas en germinación.

La absorción de O₂ puede medirse poco después de que se inicie la absorción de agua. La tasa de absorción de O₂ es un indicador del avance de la germinación y se ha sugerido como una medida del vigor de las semillas. En general, la absorción de O₂ es proporcional a la cantidad de actividad metabólica que se esté efectuando. La provisión de O₂ al embrión puede estar

limitada por la condición del medio de suelo o por restricciones impuestas por las cubiertas de las semillas.

La provisión de O_2 es escasa donde hay un exceso de agua en el medio de suelo. La cantidad de O_2 presente en el medio de germinación es afectada por su baja solubilidad en el agua y su lenta difusión a un medio. En consecuencia, en donde la concentración de O_2 es del 20%, el intercambio de gases entre el medio de germinación y la atmósfera se reduce considerablemente con la profundidad del suelo y en particular por una costra dura en la superficie, la cual puede limitar la difusión del O_2 .

El bióxido de carbono (CO_2) es un producto de la respiración y en condiciones de mala aeración puede acumularse en el suelo. A profundidades escasas, el incremento de CO_2 puede inhibir la germinación en cierto grado, pero desempeña un papel menor, si acaso, en el mantenimiento de letargo. De hecho, en algunas semillas las concentraciones elevadas de CO_2 son efectivas para superar el letargo. Además de estos factores ya mencionados, también existen factores propios de la semilla que afectan la germinación como lo son: la madurez y viabilidad de la semilla (<http://www.euita.upv/es>).

Madurez de la semilla

Se dice que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo, tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La

madurez morfológica se consigue cuando las distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo y ésta se alcanza al mismo tiempo que la fisiológica, como sucede en la mayoría de las especies cultivadas; o bien puede haber una diferencia de semanas, meses y hasta años entre ambas.

Viabilidad de la semilla

La viabilidad de las semillas es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Es un período variable y depende del tipo de semilla y de las condiciones de almacenamiento. Refiriéndose a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, puede haber semillas que germinan, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas (<http://www.euita.upv/es>).

Vigor

Besnier (1988), define el vigor como la capacidad de las semillas para producir, rápida y uniformemente, plántulas normales en condiciones específicas de laboratorio. Esta capacidad depende fundamentalmente de tres condiciones principales: estado de la maquinaria bioquímica, amplitud de las reservas nutritivas y constitución genética. Por otra parte, Moreno (1996), menciona que en 1977 el Comité de Pruebas de Vigor de la ISTA, definió el

vigor como “la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lotes de semillas durante su proceso de germinación y emergencia de la plántula”. Las que se comportan bien se llaman semillas de alto vigor y las que se comportan pobremente son denominadas semillas de bajo vigor.

Mientras tanto, Duffus y Slaughter (1985), citan que aún bajo condiciones de almacenamiento en donde las semillas estén libres del ataque de otros organismos, el deterioro declina a la larga y finalmente todas las semillas mueren. El período de tiempo en que las semillas pueden sobrevivir parece ser muy variable, desde unos cuantos días bajo condiciones pobres de almacenamiento, hasta cientos de años en algunos casos.

En cambio, Copeland y McDonald (1985) corroboran que en 1979, la AOSA (Association of Official Seed Analyst's), define al vigor de semilla como “Aquellas propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida emergencia uniforme y crecimiento normal de semillas bajo un amplio rango de condiciones de campo”. Sin embargo, Ferguson (1995), señala que el vigor de las semillas se basa en el comportamiento físico o fisiológico de un lote de semillas, incluyéndose: 1) Cambios en los procesos bioquímicos, 2) La tasa y uniformidad de germinación y crecimiento de las plántulas y 3) La germinación o capacidad de emergencia de las semillas al ser expuestas a condiciones de estrés.

Causas de la variabilidad del vigor de las semillas

- Genotipo.
- Medio ambiente y nutrición de la planta.
- Estado de madurez en el momento de la cosecha.
- Tamaño, peso y peso volumétrico.
- Daño físico.
- Deterioro y envejecimiento.
- Patógenos

Latencia

Según, Cerovich y Miranda (2004), señalan que muchas de las semillas pueden desarrollar cierto grado de latencia cercano al momento de la cosecha, esta latencia puede ser debido a diversas causas, como barreras físicas causadas por tegumentos, brácteas, glumas, pericarpio, testa u otra estructura; o bien por aspectos fisiológicos relacionados con el embrión, por presencia de inhibidores o bien por alguna combinación de factores. En cualquiera de éstas expresiones, la latencia ayuda a prolongar la vida de las semillas y de acuerdo a las temperaturas de almacenamiento, éste fenómeno puede aumentar o desaparecer.

Vázquez *et al.*, (2005) indica que la latencia es el reposo de la semilla cuando ésta no tiene la capacidad de germinar a pesar de encontrarse en un lugar óptimo en cuanto a la temperatura y la humedad. En las plantas superiores puede existir latencia o interrupción del crecimiento en el tejido meristemático, por ejemplo en las yemas de crecimiento de las ramas, así como en las semillas.

El establecimiento de la latencia está regulado por factores hereditarios que determinan los mecanismos fisiológicos endógenos de las plantas, los cuales interactúan con factores del ambiente en el que las plantas crecen, esto da lugar en un largo plazo a cambios evolutivos en las plantas, otros factores que también contribuyen son las condiciones hormonales y nutricionales de la planta progenitora, estos dos últimos tienen una gran influencia en el establecimiento de la latencia de sus semillas durante su desarrollo, por lo cual pueden existir variaciones entre cosechas de semillas de una especie, según la época y el lugar de producción.

Salisbury (1994), define a la latencia como la condición de una semilla que no puede germinar aún cuando disponga de una amplia humedad externa, expuesta a suelos bien aireados y que la temperatura esté dentro del rango comúnmente asociado con la actividad fisiológica. Por otro lado, Serrato (1995), menciona que la latencia es la habilidad de la semilla para retardar su germinación, hasta que ésta disponga de factores que le sean favorables para llevar a cabo el proceso de germinación, es un mecanismo de sobrevivencia,

las plantas que tienen mayor tiempo de domesticación presentan menor latencia en la semilla, que las especies recientemente domesticadas.

Factores que causan la latencia

- Impermeabilidad de la cubierta de la semilla.
- Resistencia mecánica.
- Embrión inmaduro.
- Requerimiento de la luz.
- El período de latencia de las semillas puede ser de días e incluso de años.
- Presencia de sustancias inhibidoras de la germinación.
- Semillas duras.

Métodos para superar la latencia

El método a seguir depende del tipo de latencia; las técnicas más empleadas son (<http://www.virtual.unal>):

- Escarificación mecánica: Consiste en pasar las semillas por superficies abrasivas, con el fin de causar daño en la testa sin dañar el embrión.
- Escarificación ácida: Consiste en sumergir las semillas en H_2SO_4 por un tiempo determinado, luego se lavan con agua corriente y se dejan secar.

- Secado previo: Las semillas recién cosechadas pueden perder la latencia si se secan por algunas semanas en una cámara a 40 °C.
- Preenfriamiento: Algunas semillas pierden la latencia sometiéndolas a bajas temperaturas.
- Estratificación: Este tratamiento se emplea con la finalidad de inducir procesos fisiológicos en el embrión, que son necesarios para la germinación.
- Imbibición en Nitrato de Potasio: Algunas semillas superan la latencia con éste tratamiento de actividad aparentemente metabólica.
- Exposición a la luz: Las semillas pueden requerir de un determinado tratamiento de luz para poder llevar a cabo la germinación.

Deterioro

Copeland y McDonald (1985), mencionan que el estado avanzado del deterioro de la semilla son evidentes por la visibilidad de los síntomas que se manifiestan durante la germinación y crecimiento de las plantas. Sin embargo, éstos son precedidos por cambios fisiológicos cuyos síntomas pueden ser detectados únicamente por sofisticadas técnicas.

El deterioro empieza después que la semilla alcanza la maduración fisiológica y continúa hasta perder su capacidad de germinación. La duración

del proceso de deterioro es determinada principalmente por la interacción entre herencia genética, su contenido de humedad y la temperatura (<http://www.seednews.inf.br>).

Serrato (1995), cita que el deterioro de la semilla es un proceso natural que envuelve cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos de la misma a medida que ella muere, éste proceso se caracteriza por ser progresivo e irreversible.

La velocidad del deterioro está fuertemente influenciada por los factores genéticos de la semilla, su previo manejo en el campo y las condiciones ambientales a la precosecha. El deterioro puede ocurrir en la precosecha, durante la cosecha, en el almacenamiento y durante el mismo, por manejo inadecuado y por utilizar sembradora inadecuada. A su vez, Ferguson (1995), señala que el primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor de las semillas, seguido por una reducción en la germinación o de la producción de plántulas normales y finalmente la muerte de las semillas.

Causas del deterioro

- Degradación de las membranas celulares, lo cual provoca pérdida de contenido celular.
- Daños en los mecanismos de producción y síntesis de energía.
- Alteraciones indeseables con los procesos de respiración y biosíntesis.

Agricultura orgánica

La agricultura orgánica a tomado mucho auge en los últimos años, debido a que cada día se están perdiendo los recursos naturales por su mal manejo que le está dando el hombre, es por eso que con ella se busca la manera de cómo conservar y eficientizar los recursos naturales en la producción de alimentos, y que a la vez ésta sea sustentable para que satisfaga las necesidades que demanda la población. Otros de los aspectos que se busca además de los ya mencionados es de saber como podemos nosotros generar alimentos que nos garanticen una seguridad alimentaria.

Noriega (2002), señala que la agricultura orgánica es un sistema de producción que se enfoca en lo más posible en la rotación de cultivos, policultivos, incorporación de residuos orgánicos, abonos verdes, cultivo de leguminosas, labranza de conservación, incorporación de minerales, control biológico de plagas; la agricultura orgánica restringe el uso de insumos provenientes de la síntesis química y de efecto residual.

Composta

La composta se considera como el resultado de la descomposición de la materia orgánica mediante procesos anaeróbicos y aeróbicos, la cual es utilizada como fuente de nutrientes para las plantas (abono orgánico) y considerada también para mejorar las condiciones físicas del suelo.

Haug (1997), cita que la composta es el proceso biológico en el cual los microorganismos actúan sobre la materia orgánica en una forma rápidamente biodegradable, lo cual permite obtener “compost”. Éste es un abono que mejora la estructura del suelo, además ayuda a reducir la erosión y a la absorción de agua y nutrientes por parte de las plantas. Por su parte, Hartmann y Kester (1982), mencionan que la composta es la descomposición biológica de material orgánico voluminoso en condiciones controladas, que efectúan en pilas o depósitos. Éste proceso se efectúa en tres pasos:

- Etapa inicial, que dura unos cuantos días, en el cual ocurre la descomposición de los materiales solubles fácilmente degradables.
- Segunda etapa, de varios meses durante la cual ocurren temperaturas elevadas y son desintegrados los compuestos de celulosa.
- La etapa final, o de estabilización en que disminuye la temperatura y los microorganismos colonizan el material.

Noriega (2002), describe a la composta como el producto generado por la acción microbiana, teniendo como materia prima desechos orgánicos. La composta es materia orgánica de diversas fuentes, mineralizada por microorganismos que pueden ser inoculados; la mezcla de residuos orgánicos, pueden contener materiales como ceniza; la degradación microbiana es un proceso aeróbico que pasa por una fase termófila, el proceso de degradación es un proceso complejo, en el cual ocurren reacciones bioquímicas e intervienen organismos vivos en un ambiente cálido y húmedo.

Método de composteo

Noriega (2002), sugiere que el método más común para generar una composta consiste en la acumulación de residuos vegetales, estiércol, hojarasca y residuos industriales de origen orgánico, ya sea en forma separada o realizando una mezcla entre éstos, formando pilas o montones en lugares adecuados para éste propósito; la pila puede realizarse sobre el suelo o en plataformas especialmente diseñadas para este fin.

De la Cruz (2005), menciona que una vez reunidos los materiales se colocan en un terreno previamente aflojado con la finalidad de que les sea más fácil a los microorganismos penetrar al montón de los residuos, se coloca primero un material grueso y los demás materiales se van intercalando en franjas de 10 cm agregando humedad al momento de realizar cada una de éstas, la altura del montón no debe ser mayor de 1.5 m mientras que el ancho no debe sobrepasar los 3 m.

Cuadro 2.1. Proporción de elementos que constituyen la composición química de una composta.

<i>Elemento</i>	<i>Contenido nutrimental</i>
Nitrógeno	0.5
Fósforo	0.5
Potasio	0.5
Manganeso	0.3
Calcio	2.3
Sustancias orgánicas	10 – 20
Microelementos	Rico

Fuente: Kolmans, 1996.

Lombricultura

Moctezuma (2003), menciona que la lombricultura es una aplicación de la biotecnología, ya que se utiliza un organismo vivo para lograr una producción masiva de carne y de humus de lombriz, siendo éste último el producto principal. Gracias a los procesos biológicos de éste animal podemos obtener desechos en nutrientes orgánicos para ser empleados en los cultivos, mejorando de éste modo la calidad y cantidad de sus productos y por lo tanto la vida del ser humano.

Por otro lado, Noriega (2002) corrobora que la lombricultura también conocida como “vermicultura”, inició su desarrollo en los Estados Unidos en 1947, año a partir del cual se ha implementado en una gran cantidad de países. Lo cual consiste en la crianza de lombriz de tierra para procesar materia orgánica y producir abonos que puedan ser fuente de nutrientes para las plantas.

Lombricomposta

La lombricomposta es un abono orgánico que se obtiene a través de la descomposición de materiales orgánicos por medio de la lombriz en un ambiente favorable además de un manejo adecuado, por medio de él las plantas se proveen de nutrientes y al igual que la composta puede emplearse

para mejorar la estructura del suelo, además de obtener abonos líquidos como ácidos húmicos y fúlvicos.

De la Cruz (2005), cita que el lombricomposteo es el proceso en el cual se utiliza la lombriz de tierra para la transformación de residuos orgánicos, principalmente de estiércoles. La especie de lombriz que se utiliza es la roja californiana *Eisenia foetida*, los abonos orgánicos que se obtienen son humus líquido y lombricomposta que se pueden aplicar en los cultivos libremente, ya que con éste tipo de abonos es muy difícil causar intoxicación por un exceso de aplicación hacia los mismos. La lombricomposta o humus de lombriz tiene un color oscuro a negro, se encuentra en forma de gránulos y con olor a tierra húmeda, es rica en hormonas, auxinas, giberelinas y citocininas, siendo ésta última la que se encuentra en mayor concentración.

Ventajas de la lombricultura

Noriega (2002), menciona que la lombricultura es una técnica de la agricultura orgánica que ofrece ventajas, entre ellas la más importante es la de transformar residuos orgánicos provenientes de la actividad agroindustrial, agropecuaria y urbana en abono orgánico que puede utilizarse en la agricultura. Por otro lado, De la Cruz (2005) explica que otra de las ventajas del lombricomposteo es la reproducción de las mismas lombrices, ya que su propagación es muy acelerada y los excedentes de lombriz se pueden comercializar como: pie de cría para instalar más lombricompostas, carnada

para pesca, alimentación de peces, aves y ganado o usándola en forma de harina. También se puede utilizar en la alimentación humana, ya que la lombriz tiene un alto contenido de proteínas, además de un excelente contenido de aminoácidos y vitaminas.

Ácidos húmicos y fúlvicos

Ácidos húmicos

MacCarthy *et al.*, (1990) hacen mención que el término de sustancias húmicas se refiere a una mezcla definida y heterogénea de materiales orgánicos, no se pueden clasificar en cualquiera de las categorías descritas tales como proteínas, polisacáridos o polinucleótidos. Las sustancias húmicas se encuentran en todos los suelos, sedimentos y agua.

Álvarez (1998), menciona que el ácido húmico es un material de origen biológico natural, producto de la degradación de la materia orgánica, también puede obtenerse de materiales inorgánicos como es el caso de la leonardita, presentándose en forma natural como lignito oxidado. Sin embargo, Kononova (1982), describe a las sustancias húmicas como complejos de compuestos orgánicos de color marrón, pardo y amarillo extraídos del suelo por soluciones de álcalis, sales neutras o disolventes orgánicos.

Flores (1993), cita que los ácidos húmicos presentan ciertos efectos en la planta, como el transporte de nutrientes desde las raíces hasta la parte aérea y del exterior de las hojas hasta los lugares de acumulación, son activadores y estabilizadores de algunas enzimas, ayudan al desarrollo temprano de las plantas, recuperando la tensión (estrés) de trasplante, mayor expansión foliar e incremento del sistema radical.

Ácidos fúlvicos

Franco y Bacón (1997), mencionaron que la función de los ácidos húmicos y fúlvicos son mejorar la estructura del suelo mediante:

- El incremento de la capacidad de retención de agua.
- Evitar la retrogradación de los cationes del suelo y desbloqueo de sus elementos minerales.
- Fijación de los amonios, disminuyendo las pérdidas de lixiviación.
- Activación de la flora microbiana.
- Estimulación de la germinación.
- Promoción del desarrollo radicular.
- Promoción de la absorción de nutrientes al aumentar la permeabilidad celular mediante la fertirrigación y aplicaciones foliares.

Por su parte Velasco (2005), propone que los ácidos fúlvicos se pueden generar industrialmente a partir de cualquier tipo de materia orgánica mediante procesos naturales utilizando las propiedades de las lombrices rojas y de

bacterias humificantes, estos ácidos tienen un peso molecular menor a diferencia de los ácidos húmicos, son de color amarillo claro, contienen menos carbón y más oxígeno, formándose en las primeras fases de oxidación de la materia orgánica.

Biodigestados líquidos

Alonso (2004), define que los biodigestados líquidos son aquellos que se obtienen a partir de los escurrimientos que se generan al momento de regar la composta o lombricomposta, estos dos procesos requieren para su humificación una humedad de 70 a 80 %.

Los biodigestados líquidos están constituidos ácidos húmicos, fúlvicos y por ende se puede mencionar que es un estimulante del crecimiento de las plantas. Se dice que son ricos en nitrógeno, hormonas, vitaminas y aminoácidos, estas sustancias permiten regular el metabolismo vegetal y además pueden ser un buen complemento a la fertilización integral aplicada al suelo.

Beneficios del biodigestado líquido

Alonso (2004), menciona que por ser un fertilizante líquido orgánico concentrado y homogéneo produce un aumento en el vigor de las plantas, es de gran concentración de sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos), además

por su elevada carga microbiana contribuye a la protección del sistema radicular contra bacterias y nemátodos, puede almacenarse durante mucho tiempo sin que sus propiedades se vean alteradas y por último, por su fácil manejo puede aplicarse en el mismo sistema de riego.

Fitohormonas

Las fitohormonas son aquellas sustancias hormonales que ayudan a las plantas a efectuar sus procesos metabólicos y fisiológicos durante y en cada una de sus etapas de desarrollo, pueden ser producidas dentro de las mismas plantas (endógenas), o bien existen algunas que no se producen dentro de ellas (sintéticas).

Hormona vegetal

Las hormonas son aquellas que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, siempre y cuando se lleve a cabo una buena interacción entre éstas y factores externos: agua, luz, nutrientes y temperatura.

Salisbury y Ross (1994), definen hormona vegetal como un compuesto orgánico que se sintetiza en cualquier parte de la planta, se transloca en cualquier parte de la misma y que a concentraciones muy bajas realiza reacciones fisiológicas.

Auxinas

Rojas y Vázquez (1995), mencionan que las auxinas son hormonas cuya función fisiológica básica es actuar en el mensaje genético contenido en el DNA, determinando que la planta sintetice proteínas y enzimas nuevas cambiando su química y fisiología, también promueve el alargamiento de las células a bajas dosis dando un exceso de crecimiento a los tallos que se alargan y retuercen, creciendo a su vez las hojas malformadas; inhiben el crecimiento a dosis altas, incrementa la respiración así como la actividad fisiológica a bajas dosis e inhibirla a dosis altas.

Por otra parte Bidwell (1996), señala que el ácido indol-acético (AIA) y otras auxinas naturales no se acumulan en grandes cantidades en las células, debido a que existen procesos naturales de inactivación y destrucción de éstas, ya que son menos eficientes que las auxinas sintéticas, lo que les permite acumularse y tener un período activo relativamente largo al aplicarlas en forma exógena, tales auxinas son más estables debido a que existen pocos sistemas enzimáticos que las ataque fácilmente.

Giberelinas

Rojas y Vázquez (1995), mencionan que las giberelinas tienen como acción básica el modificar el mensaje genético que es transportado en el ácido ribonucleico (RNA). Cuando no se encuentra presente en la planta, se presenta

el síntoma típico de falta de amilasa en la misma, enzima que deshace el almidón, lo cual permite utilizarlo para obtener energía, promueve el crecimiento de variedades enanas así como también el florecer algunas plantas en condiciones inadecuadas de luz o frío. Sin embargo, Weaver (1996), cita que las giberelinas son compuestos que estimulan la división y elongación celular y que pueden ser causantes de un aumento muy notable en los brotes de algunas especies.

Citocininas

Rojas y Vásquez (1995), señalan que las citocininas, al igual que las auxinas realizan funciones en el ácido desoxirribonucleico (DNA), la cual es promover la división celular y retardar la senectud en la planta por lo cual es llamada hormona juvenil. Por otra parte, Hurtado y Merino (1987), mencionan que el nombre genérico de las citocininas es empleado para aquellas sustancias químicas que pueden estimular principalmente la división celular, casi todas las citocininas naturales como sintéticas son derivadas de la adenina.

Hurtado y Merino (1987), citan que los efectos principales de las citocininas son: 1) la inducción de la iniciación en tallos y ramas; 2) el rompimiento de letargo de las yemas y semillas en muchas especies y 3) un efecto sobre la dominancia apical, aunque esto es muy complejo y parece depender de un balance entre citocininas, giberelinas y auxinas.

Ácido abscísico

Rojas y Vázquez (1995), citan que las abscisinas determinan el letargo en las yemas y semillas, así como también intervienen en la caída de las hojas en otoño además interfiere en la resistencia al estrés de frío y sequía. Por su parte Salisbury y Roos (1994), proponen que el ácido abscísico exógeno es un inhibidor importante en la germinación de semillas de muchas especies, algunos estudios demuestran que los niveles de ABA disminuyen en semillas enteras cuando se interrumpe la latencia por algún tratamiento ambiental.

Sin embargo, Hartmann y Kester (1982), citan que el ácido abscísico tiende a incrementarse con la maduración de la semilla y puede estar involucrado en la prevención de la viviparidad y en la inducción del letargo, también se ha aislado de las semillas en letargo, así como de las cubiertas de las semillas de durazno, nogal, manzano, rosal y ciruelo, pero desaparece durante la escarificación.

MATERIALES Y METODOS

Ubicación geográfica del sitio experimental

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas y en el invernadero número 5, ambos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se encuentra ubicada en Buenavista, a 7 Km. de la ciudad de Saltillo, Coahuila, México, situada geográficamente en las coordenadas 25° 22' de latitud norte, y 101° 00' de longitud oeste con una altitud de 1743 msnm.

Material genético

El material que se empleó para la realización de la presente investigación fue semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.) la cual fue sometida a una prueba preliminar de germinación estándar, y que de acuerdo a los resultados obtenidos, se encontró que tenía un porcentaje de germinación del 54%.

Tratamientos

Se utilizaron siete materiales orgánico-hormonales, con los cuales se realizaron diferentes mezclas hasta obtener un total de 15 tratamientos, conjuntamente también se trabajó con tres testigos, de los cuales dos fueron relativos y un testigo absoluto, dando un total de 18 tratamientos.

Descripción de los materiales orgánico-hormonales

Biodigestado líquido de composta

Es el líquido que se obtiene a partir de los escurrimientos generados al momento de proporcionarle agua a la composta, ya que se debe de proveer de una humedad adecuada de 70 a 80% para que tenga un buen mantenimiento y que a la vez pueda realizarse de una manera apropiada la humificación y mineralización.

Biodigestado líquido de lombricomposta

Este líquido es obtenido de la misma forma al anterior ya mencionado, sólo que éste es generado a partir de la lombricomposta o vermicomposta al proporcionarle agua para mantener una humedad de 80%, y que además éstos líquidos proporcionan diversos nutrientes.

Biodigestado líquido mixto

Es la combinación que se realiza entre el biodigestado líquido de composta y de lombricomposta en una relación 1:1, los cuales se complementan uno a otro en función de los nutrientes.

Sedimento de composta

Es el precipitado que resulta a partir del biodigestado líquido de composta al ser sometido a un proceso de secado a una estufa a 45 °C, posteriormente éste es fraccionado en pequeñas partículas para que después se realice un proceso de tamizado para su uso y aplicación en polvo a las semillas.

Sedimento de lombricomposta

La forma de obtención es igual que al sedimento ya mencionado anteriormente sólo que éste se genera del biodigestado líquido de lombricomposta, se tamiza para su utilización en polvo.

Sedimento mixto

Este es generado a partir de la mezcla de los biodigestados líquidos de composta y lombricomposta en la relación antes mencionada, dicha combinación se lleva a una estufa a 45 °C para un proceso de secado, después fraccionarlo y tamizarlo para su utilización en polvo.

Lombricomposta en polvo

Es obtenido de la lombricomposta pura que se encuentra en una cama, se somete a secado a una estufa a 45 °C para eliminar la humedad, después es fraccionada y posteriormente ser tamizada para su uso.

Biozyme TS (Testigo relativo 1)

Es un producto comercial del Grupo Bioquímico Mexicano (GBM), que es exclusivo para el tratamiento de semillas, estimulante de la germinación y principio de desarrollo de plántulas, es un regulador de crecimiento vegetal, líquido, que trabaja a partir de extractos de origen vegetal y fitohormonas biológicamente activas, como giberelinas (77.4 ppm) ácido indolacético (33 ppm) y zeatina (128.7 ppm).

Biozyme PP (Testigo relativo 2)

Producto comercial de Grupo Bioquímico Mexicano (GBM), estimulante de la germinación para tratamiento de semillas. Este producto es una fuente natural de estimulantes biológicamente activos, que promueven una rápida y uniforme germinación de las semillas, un mejor desarrollo del sistema radicular y de la protección de algunas condiciones adversas en las primeras fases de desarrollo de plántulas. Contiene hormonas biológicamente activas como son giberelinas (28.5 ppm), ácido indolacético (12.25 ppm) y zeatina (47.8 ppm).

Agua (Testigo Absoluto)

Este fué utilizado como testigo para comparar los demás productos, siendo éste sólo la humedad que se aplicó a las hojas al momento de hacer los tacos de germinación.

A continuación se enlistan cada uno de los tratamientos y las respectivas combinaciones que se generaron entre los mismos, así como también los testigos utilizados en el presente trabajo de investigación.

T1: Biodigestado Líquido Mixto (BLM).

T2: Sedimento Mixto (SM).

T3: Sedimento de Composta (SC).

T4: Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Composta (BLM + BLC).

T5: Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (BLM+BLC).

T6: Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta (BLM+SL).

T7: Biodigestado Líquido Mixto + Lombricomposta en Polvo (BLM+LP).

T8: Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta (SM+BLC).

T9: Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SM+BLL).

T10: Sedimento Mixto + Sedimento de Lombricomposta (SM+SL).

T11: Sedimento Mixto + Lombricomposta en Polvo (SM+LP).

T12: Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta (SC+BLC).

T13: Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Lombricomposta (SC+BLL).

T14: Sedimento de Composta + Sedimento de Lombricomposta (SC+SL).

T15: Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo (SC+LP).

T16: Biozyme TS, “Tratamiento de semillas”, Testigo Relativo 1, (BTS).

T17: Biozyme PP, “Polvo plus”, Testigo Relativo 2, (BPP).

T18: Agua, Testigo Absoluto, (Ag).

A continuación se muestran los resultados de los análisis realizados a productos orgánicos que se generan en la UAAAN, estos análisis fueron realizados con la ayuda de la compañía GBM (Grupo Bioquímico Mexicano), con la finalidad de determinar el contenido de fitohormonas y de algunos microelementos en los productos antes mencionados (Cuadro 3.1 y 3.2).

Cuadro 3.1. Análisis de laboratorio para detectar el contenido de fitohormonas en productos orgánicos derivados de la lombricultura y composteo.

Muestra	Actividad biológica equiv. ppm de GA3/ l ó kg de producto	Actividad biológica equiv. Ppm de zeatina/ l ó kg de producto	Actividad biológica equiv. ppm de AIA/ l ó kg de producto
BLC	0.02	5.50	0.27
BLM	0.01	55.00	0.29
BLL	0.002	2.30	0.12
SM	0.09	77.27	0.24
SL	1.20	9.00	3.33
SC	0.14	34.38	0.27
LP	0.04	0.07	2.92
BTS	77.4	128.7	33.0
BPP	28.70	47.80	12.25

Cuadro 3.2. Resultados de laboratorio para detectar el contenido de micro elementos derivados de la lombricultura y composteo.

Muestra	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Ph (5%)	Densidad (g/ml)
BLC	30	ND	32	ND	ND	8.50	0.995
BLM	124	ND	55	ND	ND	8.59	1.038
BLL	184	ND	78	ND	ND	8.56	1.080
SM	1300	43	398	28	64	10.25	-----
SL	1200	41	366	26	61	10.14	-----
SC	2100	56	686	99	107	9.98	-----
LP	3500	37	2800	212	133	9.83	-----

ND = No detectado

La dosis de los productos orgánicos se estandarizó en relación a las citocininas (zeatina) y de acuerdo a los productos comerciales (Biozyme); y los resultados para la aplicación a la semilla de sorgo se muestran en el Cuadro 3.3.

Cuadro 3.3. Dosis de aplicación en base al peso de 600 semillas, (Equivalente a 15 gr), según la dosis por kilogramo de semilla dada por la estandarización en la zeatina de los productos comerciales.

TRATAMIENTOS	DOSIS POR KG. DE SEMILLA		DOSIS PARA 600 SEMILLAS	
T1: BLM	4.68 ml (BLM)		0.070 ml (BLM)	
T2: SM	3.33 gr (SM)		0.049 gr (SM)	
T3: SC	7.48 gr (SC)		0.112 gr (SC)	
T4: BLM+BLC	4.25 ml BLM	4.25 ml BLC	0.063 ml (BLM)	0.063 ml (BLC)
T5: BLM+BLL	4.49 ml BLM	4.49 ml BLL	0.067 ml (BLM)	0.067 ml (BLL)
T6: BLM+SL	4.02 ml BLM	4.02 gr SL	0.060 ml (BLM)	0.060 gr (SL)
T7: BLM+LP	4.67 ml BLM	4.67 gr LP	0.070 ml (BLM)	0.070 gr (LP)
T8: SM+BLC	3.11 gr SM	3.11 ml BLC	0.046 gr (SM)	0.046 ml (BLC)
T9: SM+BLL	3.23 gr SM	3.23 ml BLL	0.048 gr (SM)	0.048 ml (BLL)
T10: SM+SL	2.98 gr SM	2.98 gr SL	0.044 gr (SM)	0.044 gr (SL)
T11: SM+LP	3.32 gr SM	3.32 gr LP	0.049 gr (SM)	0.049 gr (LP)
T12: SC+BLC	6.45 gr SC	6.45 ml BLC	0.096 gr (SC)	0.096 ml (BLC)
T13: SC+BLL	7.01 gr SC	7.01 ml BLL	0.105 gr (SC)	0.105 ml (BLL)
T14: SC+SL	5.93 gr SC	5.93 gr SL	0.088 gr (SC)	0.088 gr (SL)
T15: SC+LP	7.47 gr SC	7.47 gr LP	0.112 gr (SC)	0.112 gr (LP)
T16: BTS	2.00 ml (BTS)		0.03 ml (BTS)	
T17: BPP	5.38 gr (BPP)		0.080 gr (BPP)	
T18: Ag	-----		Humedad del taco	

Preparación de los tratamientos

Se realizó una prueba preliminar de germinación en semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.), con la finalidad de conocer que porcentaje de germinación tenía, el resultado obtenido fue de 54%. Posteriormente se procedió a realizar el conteo de 600 semillas para conocer su peso, esto con el

propósito de hacer las equivalencias de acuerdo a las cantidades de producto recomendadas por Grupo Bioquímico Mexicano (GBM), que son para un kilogramo de semilla. Por lo antes mencionado, se realizó un conteo de cinco repeticiones para la obtención de un valor promedio de peso, el cual fue de 15.0 gr para las 600 semillas.

La dosis obtenida para cada tratamiento son los mencionados anteriormente en el Cuadro 3.3. En el caso de los tratamientos combinados, la dosis fue complementada y dividida entre los dos productos, ésto con la finalidad de aportar la cantidad de zeatina a la cual se estandarizó.

Tratamiento de las semillas

Una vez que se obtuvieron las dosis para cada uno de los tratamientos, estas fueron pesadas y medidas para posteriormente poder aplicarlas a las semillas. Estas semillas fueron colocadas en 18 cajas petri, donde se hizo la inoculación con el tratamiento mediante un aspersor, donde se aplicó una pequeña cantidad de una solución de agua con savia de zábila (*Aloe vera*) que sirvió como adherente, ésto con la finalidad de obtener una mejor inoculación de los tratamientos a las semillas. Posteriormente se homogenizó el producto al ser aplicado a las 600 semillas en cada uno de los tratamientos y finalmente se dejó reposar por un tiempo para una mejor absorción y adherencia del producto en las mismas.

En laboratorio

Proceso de siembra

La siembra se realizó el día 14 de Octubre de 2005 en la cual se elaboraron tacos, usando papel de germinación. Se trazó una línea horizontal a lo largo de la hoja y a partir de ésta se trazaron líneas perpendiculares a cada 2 cm de acuerdo a las reglas del ISTA (como la prueba de vigor de longitud media de plúmula), esto con el propósito de facilitar la toma de datos en las variables que se evaluaron. En la línea que se trazó al centro de las hojas se colocó una cinta adherible de doble cara, en la cual fueron colocadas 25 semillas con el embrión orientado en sentido contrario del rayado. Una vez colocadas las semillas en la hoja de germinación fueron humedecidas y se cubrieron con otra hoja, la cual también fue humedecida, posteriormente se enrolló y se marcó en la parte inferior del taco de acuerdo al sentido en que fue colocado el embrión de la semilla, ésto se realizó en cada uno de los tratamientos.

Se trabajó con 18 tratamientos, cada uno con tres repeticiones (cuatro tacos por repetición), éstos se colocaron en bolsas de polietileno, las cuales fueron identificadas de acuerdo al tratamiento que contenían y posteriormente se colocaron en una cámara de germinación a una temperatura de 25 °C. para mantener la humedad del taco, se aplicó un riego con agua al quinto día después de la siembra.

Parámetros a evaluar

Las variables fueron evaluadas a los 9 días posteriores a la siembra (el día 23 de Octubre de 2005), y fueron las siguientes:

Germinación estándar

Se realizó conforme a las reglas de la ISTA (1996), sembrándose tres repeticiones de cuatro tacos para cada repetición, cada uno de 25 semillas sembradas en papel anchor, se humedeció y se realizaron los tacos o muñecas, posteriormente fueron llevados a la cámara de germinación a una temperatura de 25 °C. y a los 9 días se hizo la toma de datos y se tomó en cuenta lo siguiente:

- Plántulas normales
- Plántulas anormales
- Semillas sin germinar (Semilla dura o muerta).

Solo se tomaron en cuenta las plántulas normales para determinar el porcentaje de germinación.

Longitud media de plúmula

Se tomaron diez plántulas por tratamiento, se midió la longitud de plúmula de cada una de las plántulas seleccionadas con la ayuda de una regla graduada, luego se determinó un valor promedio y el dato fue reportado en centímetros.

Longitud media de radícula

Las plántulas utilizadas para evaluar este parámetro fueron las mismas que se utilizaron en la medición de longitud media de plúmula, dicha evaluación se determinó de forma similar a la variable anterior con ayuda de una regla graduada, se obtuvo una media de los datos generados y el valor promedio se reportó en centímetros.

Peso seco de plántula

Las plántulas utilizadas en la medición de éste parámetro fueron las mismas que se utilizaron para las variables de longitud media de plúmula y radícula, se eliminó la estructura de la semilla, posteriormente fueron colocadas en bolsas de papel estraza perforada, y después se llevaron a un horno de secado con una temperatura de 65 °C por un tiempo de 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo en el horno de secado, se sacaron las plántulas de la bolsa, posteriormente se tomó el peso en una balanza analítica de precisión de 0.0001 gr. El resultado del peso seco obtenido se reportó en miligramos (mg/plántula) una vez que se obtuvo el peso promedio.

En invernadero

Proceso de siembra

La siembra se llevó a cabo el día 19 de febrero de 2006, para lo cual se emplearon charolas germinadoras de 200 cavidades y sustrato comercial (Promix), que una vez que se humedeció, se le colocó en las charolas y después se prosiguió a realizar la siembra.

Se sembraron 20 semillas por repetición de cada uno de los tratamientos (60 semillas por tratamiento), depositando una semilla en cada una de las cavidades de la charola, completando un total de 5 charolas y media sembradas que posteriormente al terminar la siembra fueron acomodadas en la cama del invernadero.

Al término de la siembra, durante el establecimiento en invernadero y hasta el día de evaluación se le proporcionó humedad a las charolas con la finalidad de conservar la humedad necesaria para el desarrollo del cultivo.

Parámetros a evaluar

Las variables fueron evaluadas a los 18 días posteriores a la siembra (el día 08 de Marzo de 2006), y fueron las siguientes:

Emergencia total

Se obtuvo contabilizando todas aquellas plántulas que hayan emergido superando la superficie del suelo, no tomando en cuenta si éstas se presentaban como plántulas anormales y/o normales, los datos que se obtuvieron de ésta variable se representaron en por ciento.

Longitud media de plúmula

Para determinar la longitud media de plúmula, se utilizaron 5 plántulas, las cuales se midieron con la ayuda de una regla graduada desde la base del tallo hasta el ápice de las hojas, al igual que en laboratorio se obtuvo un promedio entre plántulas, registrando los datos en cm.

Longitud media de radícula

Se tomaron las mismas 5 plántulas de la dos variable antes mencionada, de igual manera se midieron con una regla graduada desde el cuello de la plántula hasta el meristemo de crecimiento de la radícula, una vez que se determinó un promedio entre plántulas los datos fueron reportados en cm.

Peso fresco de plántula

Una vez que se determinó la emergencia total, se prosiguió a tomar 5 plántulas de cada repetición de los tratamientos, se lavó su raíz con agua para

posteriormente pesar las plántulas en una balanza analítica y determinar su peso fresco, se obtuvo un promedio entre ellas y los datos generados se reportaron en miligramos/plántula.

Peso seco de plántula

Las plántulas utilizadas en la medición de éste parámetro fueron las mismas que se utilizaron para las variables de longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso fresco de plántula, se eliminó la estructura de la semilla, posteriormente fueron colocadas en bolsas de papel estraza perforada y después se llevaron a un horno de secado con una temperatura de 65 °C por un tiempo de 24 horas. Una vez transcurrido este tiempo en el horno de secado, se sacaron las plántulas de la bolsa, posteriormente se tomó el peso en una balanza analítica de precisión de 0.0001 gr. El resultado del peso seco obtenido se reportó en miligramos (mg/plántula) una vez que se obtuvo el peso promedio.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos, se utilizó el paquete estadístico SAS versión 7.0 en el cual se llevaron a cabo los distintos análisis de varianza de las medias de los tratamientos. Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey) al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad. Para la realización de éste trabajo, se

utilizó un diseño completamente al azar (DCA) para las dos etapas (laboratorio e invernadero), el cual es uno de los diseños más sencillos y es usado cuando las unidades experimentales son lo más homogéneas posibles.

Modelo estadístico

Para los análisis estadísticos, se utilizó el paquete estadístico SAS Versión 7.0.

El modelo estadístico para un diseño completamente al azar con igual número de repeticiones es el siguiente:

$$Y_{ij}: \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ (para las dos etapas)}$$

Donde:

Y_{ij} : Denota la j-ésima medición del tratamiento i-ésimo.

μ : Es la media general.

τ_i : Es el efecto del i-ésimo tratamiento.

ε_{ij} : Es el error experimental en la j-ésima medición del i-ésimo tratamiento.

Posteriormente se realizó una prueba de comparación de medias (Prueba de Tukey), al nivel de significancia de 0.05 de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

Laboratorio

Como se pudo observar, en el Cuadro 4.1 se muestran los cuadrados medios y el nivel de significancia del análisis de varianza realizado en los parámetros evaluados en laboratorio en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales. Dicho cuadro nos indica que existen diferencias altamente significativas ($\alpha=0.01$) para la fuente de tratamientos en cada una de las variables evaluadas. Además estos resultados nos indican confiabilidad, ya que los coeficientes de variación oscilaron de 3.39 a 5.22 %.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales.

F.V.	G.L.	PARÁMETROS			
		Germinación Estándar (%)	Longitud Media de Plúmula (cm)	Longitud Media de Radícula (cm)	Peso Seco de Plántula (mg)
Tratamiento	17	132.67 **	1.853 **	3.218 **	1.196 **
Error Exp.	36	6.481	0.182	0.375	0.249
CV (%)		3.39	3.81	4.08	5.22

** Nivel de significancia ($\alpha=0.01$).

Debido a que en el análisis estadístico realizado se encontraron diferencias altamente significativas entre las medias de los tratamientos de las variables evaluadas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias, mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$).

Cuadro 4.2. Comparación de medias para las variables evaluadas en semillas de sorgo tratadas con productos orgánico-hormonales.

TRAT	GS	LMP	LMR	PSP
1. BLM	83.33 AB	11.90 AB	15.91 ABC	9.54 AB
2. SM	73.33 CD	11.66 ABCD	15.39 ABC	9.87 AB
3. SC	72.33 D	11.52 ABCD	15.68 ABC	10.65 A
4. BLM + BLC	78.33 BCD	12.45 A	14.57 ABC	9.84 AB
5. BLM + BLL	74.33 CD	11.02 BCD	14.16 C	9.62 AB
6. BLM + SL	76.66 BCD	11.82 ABC	15.01 ABC	9.52 AB
7. BLM + LP	79.00 ABCD	11.01 BCD	15.58 ABC	9.50 AB
8. SM + BLC	78.33 BCD	11.05 BCD	16.37 A	9.91 AB
9. SM + BLL	86.33 A	11.54 ABCD	14.89 ABC	9.31 AB
10. SM + SL	72.33 D	10.90 BCD	15.39 ABC	9.58 AB
11. SM + LP	73.33 CD	10.58 CD	14.75 ABC	9.32 AB
12. SC + BLC	72.00 D	10.83 BCD	15.80 ABC	10.44 AB
13. SC + BLL	77.00 BCD	10.43 D	14.29 C	9.38 AB
14. SC + SL	73.33 CD	11.32 ABCD	15.19 ABC	9.60 AB
15. SC + LP	80.33 ABC	11.86 ABC	16.13 AB	10.17 AB
16. BTS	74.33 CD	11.46 ABCD	14.58 ABC	9.04 BC
17. BPP	72.33 D	11.15 ABCD	14.53 ABC	9.01 BC
18. Ag	54.00 E	8.79 E	11.74 D	7.72 C

Germinación estándar

Al realizar una prueba de comparación de medias (Tukey, con $\alpha=0.05$), se visualiza que para la variable de germinación estándar, el tratamiento 9 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), sobresalió de los demás, superando al testigo por más del 30 %, con 86.33 % de germinación, seguido por los tratamientos 1 (Biodigestado Líquido Mixto) y 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), con 83.33 y 80.33 %, respectivamente. Mientras que los tratamientos que dieron los menores resultados fueron el 17 (Biozyme PP), con 72.33 %, el 12 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta), con 72 % y el 18 (Testigo Absoluto), con 54 % de germinación.

Al observar como sobresalen los tratamientos 9 y 1 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta y Biodigestado Líquido Mixto), en la figura 4.1, esto se debe a que estos tienen un alto contenido de zeatinas (citocininas) y de microelementos de acuerdo a los resultados de los análisis realizados a estos productos orgánicos y por ende estos presentaron una mejor actividad al presentar una estimulación en la división celular, lo cual benefició de una manera satisfactoria el proceso de germinación.

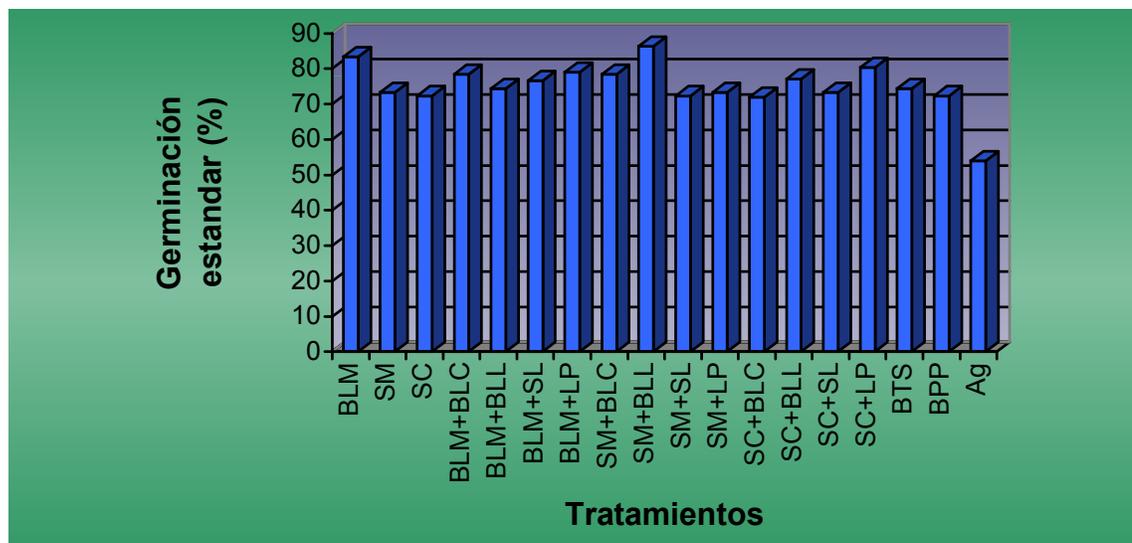


Figura 4.1. Porcentaje de germinación en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado nueve días después de la siembra.

Longitud media de plúmula

Para la longitud media de plúmula, el tratamiento 4 (Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Composta), fue el que presentó mejor respuesta en la elongación de plúmula, al dar una media de 12.45 cm, seguido por los tratamientos 1 (Biodigestado Líquido Mixto) y 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), con 11.90 y 11.86 cm respectivamente, en cambio, los tratamientos que dieron la menor respuesta a la elongación de plúmula fueron los tratamientos 13 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Lombricomposta) y 18 (Testigo Absoluto), con 10.43 y 8.79 cm.

Como se visualiza en la figura 4.2, el tratamiento 4 (Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Composta), fué el que más sobresalió, lo cual

se le atribuye a su contenido de zeatinas (citocininas), que éste presenta y que al igual que en la variable anterior, existió una mejor actividad en la división celular, lo cual propició a que existiera una mejor elongación de la plúmula.

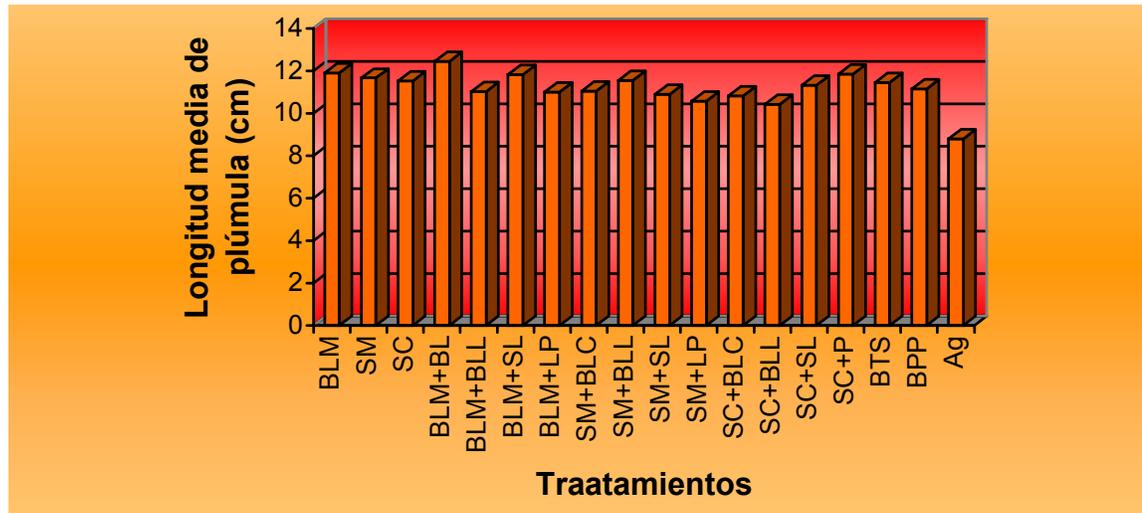


Figura 4.2. Longitud media de plúmula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada nueve días posteriores a la siembra.

Longitud media de radícula

En la longitud media de radícula, se muestra que los tratamientos 8 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta) y 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), son los que más sobresalieron al registrar 16.37 y 16.13 cm, seguidos por los tratamientos 1 (Biodigestado Líquido Mixto), 12 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta) y 3 (Sedimento de Composta), manifestándose estadísticamente iguales entre sí. Mientras tanto, los tratamientos que dieron menor respuesta a la elongación de radícula fueron el 13 (Sedimento de Composta + Biodigestado

Líquido de Lombricomposta), 5 (Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta) y 18 (Testigo Absoluto), con 14.29, 14.16 y 11.74 cm respectivamente (Figura 4.3).

Para ésta variable los tratamientos que se manifestaron de manera superior a los demás fueron el 8 y 15 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Composta y Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), esto es debido a que el primer tratamiento mencionado, contienen gran cantidad de zeatinas (citocininas), y existe un desarrollo celular más eficiente, no siendo lo mismo para el segundo tratamiento, sin embargo, éste tiene alto contenido de microelementos, es por esta razón que se presentan como los mejores tratamientos para ésta variable.

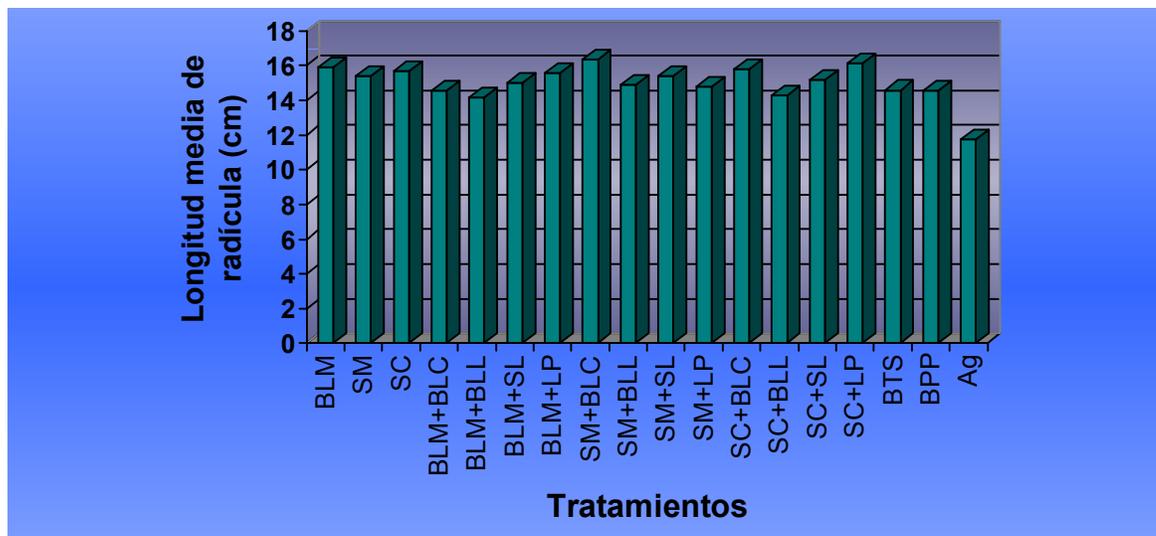


Figura 4.3. Longitud media de radícula (cm) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluada nueve días posteriores a la siembra.

Peso seco de plántula

En lo que se refiere a la variable de peso seco de plántula, el tratamiento que mostró mejor comportamiento ante los demás fue el 3 (Sedimento de Composta), al presentar 10.65 mg/plántula, seguido de los tratamientos 12 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Composta) y 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), con 10.44 y 10.17 mg/plántula, que son estadísticamente iguales entre sí, al igual que los demás tratamientos, sin embargo, los tratamientos que dieron el menor peso seco de plántula fueron el 17 (Biozyme PP), 16 (Biozyme TS), y 18 (Testigo Absoluto), al registrar 9.01, 9.04 y 7.72 mg/plántula.

En lo que corresponde a ésta variable se observa en la figura 4.4 que los mejores tratamientos son el 3 y 12 (Sedimento de Composta y Sedimento de Composta +Biodigestado Líquido de Composta), lo cual se asume que por ser uno de los tratamientos que presentan una buena cantidad de zeatinas (citocinina), y que por consecuencia al igual que las variables antes mencionadas existe una mejor promoción en la división celular, lo cual beneficia al desarrollo de una mejor plántula y en subsiguiente existirá un mejor peso de la misma..

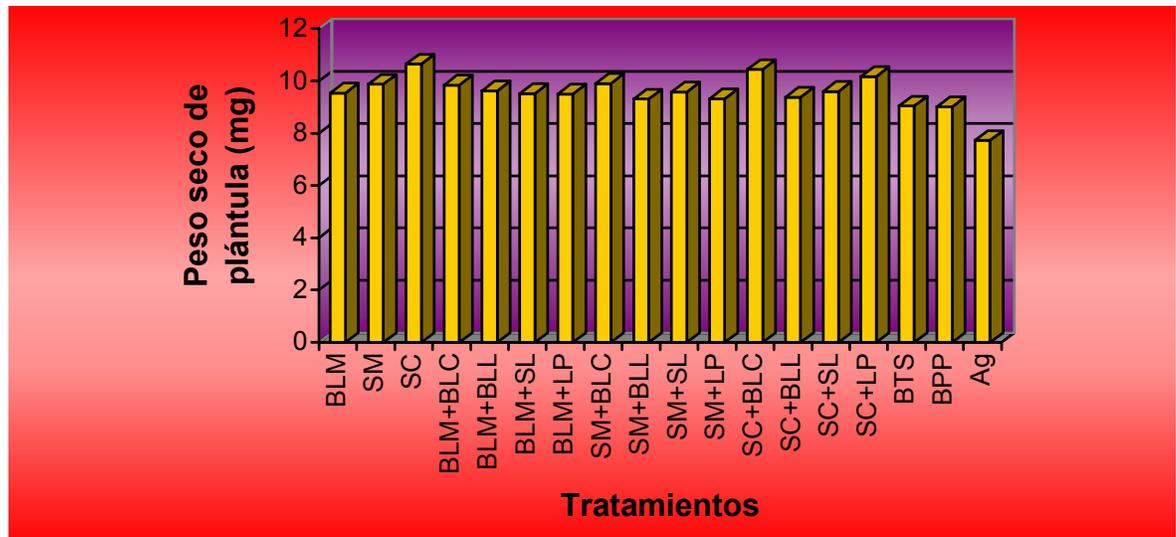


Figura 4.4. Peso seco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los diez días después de la siembra.

Finalmente, al comparar los mejores tratamientos que sobresalieron en la variable de germinación estándar contra las variables de longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de plántula, tenemos que el tratamiento 9 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), es el mejor en la variable de germinación pero no siendo así en las demás variables, en cambio el tratamiento 1 (Biodigestado Líquido Mixto), que fue el segundo mejor en germinación, sigue comportándose entre los tres mejores en lo que a longitud media de plúmula y radícula se refiere, a su vez, el tratamiento 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), permanece constante manifestándose entre los tres mejores tratamientos para todas las variables evaluadas.

Invernadero

Como se puede observar en el Cuadro 4.3 se muestran los cuadrados medios y el nivel de significancia del análisis de varianza realizado en los parámetros evaluados en invernadero en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales. Dicho cuadro nos indica que existe diferencia altamente significativa para la fuente de tratamientos en la variable de emergencia total, también nos muestra que las variables de longitud media de plúmula y longitud media de radícula no presentan diferencias significativas, mientras que los parámetros de peso fresco de plántula y peso seco de plántula presentan resultados significativos ($\alpha = 0.05$). Además estos resultados nos indican confiabilidad, ya que los coeficientes de variación oscilaron de 5.79 a 24.095 %, lo cual permanecen dentro del rango permitido.

Cuadro 4.3. Cuadrados medios del análisis de varianza para variables evaluadas en semillas y plántulas de sorgo, tratadas con productos orgánico-hormonales.

F.V.	G.L.	PARAMETROS				
		Emergencia Total (%)	Longitud media de Plúmula (cm)	Longitud Media de Radícula (cm)	Peso Fresco de Plántula (mg)	Peso Seco de Plántula (mg)
Tratamiento	17	229.65 **	0.553 ^{NS}	1.469 ^{NS}	15933.34 *	59.57 *
Error Exp.	36	89.81	0.412	2.279	7502.28	30.86
CV (%)		12.77	5.79	16.26	24.095	10.24

** Altamente significativo.

* Significativo.

NS No significativo.

Debido a que en el análisis estadístico realizado se encontraron diferencias altamente significativas solo en una variable y diferencias significativas en otras dos, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias para dichas variables, mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Para los parámetros longitud media de plúmula y longitud media de radícula, no se realizó una prueba de comparación de medias debido a que no existen diferencias significativas entre las medias de los tratamientos.

Cuadro 4.4. Comparación de medias para las variables evaluadas en semillas de sorgo tratadas con productos orgánico-hormonales.

TRAT	ET	LMP	LMR	PFP	PSP
1. BLM	71.66 AB	10.74	9.59	279.99 A	45.66 AB
2. SM	68.33 AB	11.17	9.56	422.91 A	56.26 AB
3. SC	71.66 AB	10.70	8.72	208.93 B	54.50 AB
4. BLM + BLC	75.00 AB	10.88	9.10	363.23 A	53.19 AB
5. BLM + BLL	90.00 A	11.15	9.02	337.16 A	54.76 AB
6. BLM + SL	66.66 AB	11.22	9.50	441.65 A	60.66 A
7. BLM + LP	80.00 A	11.36	8.81	428.85 A	58.56 AB
8. SM + BLC	70.00 AB	10.78	9.82	306.03 A	55.32 AB
9. SM + BLL	73.33 AB	11.46	9.28	377.38 A	56.36 AB
10. SM + SL	73.33 AB	11.58	8.96	323.62 A	52.96 AB
11. SM + LP	78.33 A	11.43	10.10	414.07 A	54.69 AB
12. SC + BLC	81.66 A	11.50	9.63	405.19 A	57.77 AB
13. SC + BLL	73.33 AB	10.66	10.89	441.11 A	53.98 AB
14. SC + SL	81.66 A	10.73	9.66	303.45 A	51.40 AB
15. SC + LP	83.33 A	11.41	9.68	448.18 A	60.56 A
16. BTS	71.66 AB	10.83	8.15	382.47 A	51.07 AB
17. BPP	76.66 AB	11.63	8.07	358.87 A	55.49 AB
18. Ag	48.33 B	10.00	8.48	227.29 B	43.34 B

Emergencia total

Al realizar una prueba de comparación de medias (Tukey, con $\alpha=0.05$), se observa que para la variable de emergencia total, el tratamiento 5 (Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), sobresalió de los demás, superando al testigo por más del 42 %, con 90 % de emergencia, seguido por los tratamientos 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo) y 14 (Sedimento de Composta + Sedimento de Lombricomposta), con 83.33 y 81.66 % respectivamente, mientras que los productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP) fueron superados por el mejor tratamiento antes mencionado con 18.34 y 13.34 respectivamente, por otra parte los tratamientos que dieron los menores resultados fueron el 2 (Sedimento Mixto), con 68.33, el 6 (Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta), con 66.66 y el 18 (Testigo Absoluto), con 48.33 % de emergencia.

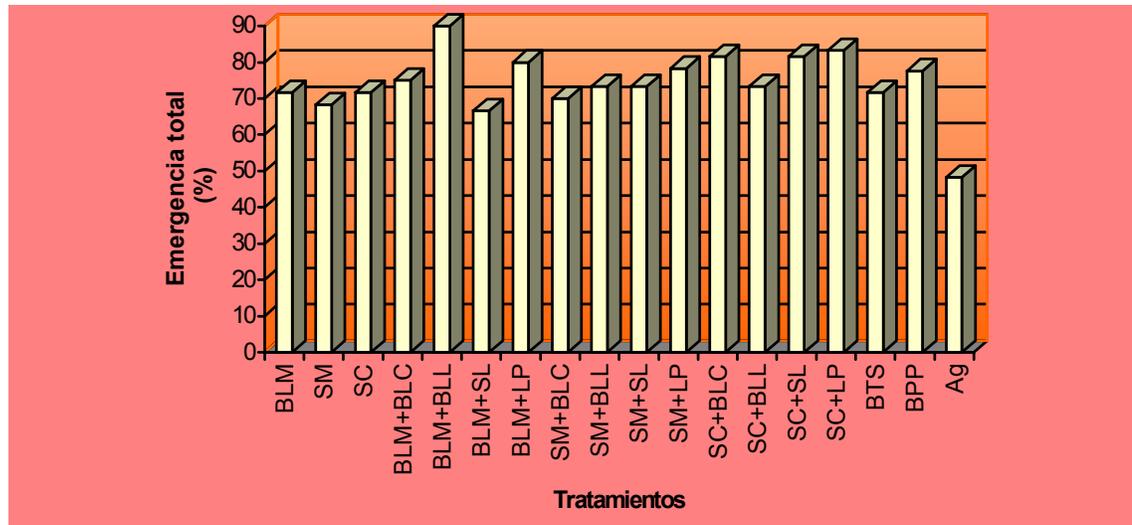


Figura 4.5. Porcentaje de emergencia en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, evaluado diecinueve días después de la siembra.

Peso fresco de plántula

Para la variable de peso fresco de plántula, el tratamiento 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo), fué el que presentó mejor respuesta para ésta variable, al dar una media de 448.18 gr, seguido por los tratamientos 6 (Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta) y 13 (Sedimento de Composta + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), con 441.65 y 441.11 gr respectivamente, sin embargo, los tratamientos que dieron la menor respuesta a peso fresco de plántula fueron los tratamientos 1 (Biodigestado Líquido Mixto), 18 (Testigo Absoluto) y 3 (Sedimento de Composta), con 279.99, 227.29 y 208.93 gr.

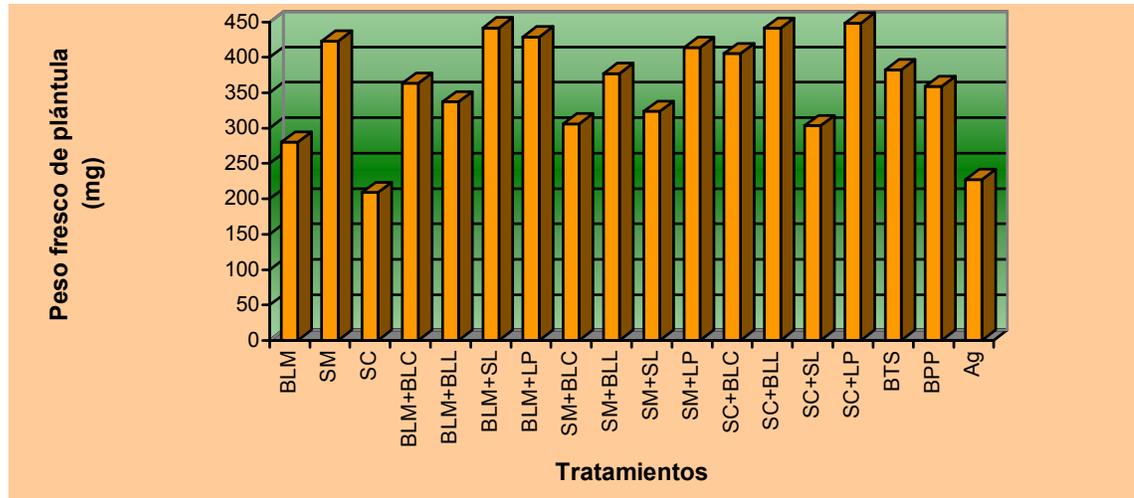


Figura 4.6. Peso fresco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los diecinueve días después de la siembra.

Peso seco de plántula

En lo que se refiere a la variable de peso seco de plántula, el tratamiento que mostró mejor comportamiento ante los demás fué el 6 (Biodigestado Líquido Mixto + Sedimento de Lombricomposta), al presentar 60.66 mg/plántula, seguido de los tratamientos 15 (Sedimento de Composta + Lombricomposta en Polvo) y 7 (Biodigestado Líquido Mixto + Lombricomposta en Polvo), con 60.66 y 58.56 mg/plántula, los cuales son estadísticamente iguales entre sí, pero numéricamente son diferentes, por otro lado, los tratamientos que dieron el menor peso seco de plántula fueron el 16 (Biozyme TS), 1 (Biodigestado Líquido Mixto), y 18 (Testigo Absoluto), al registrar 51.07, 45.66 y 43.34 mg/plántula.

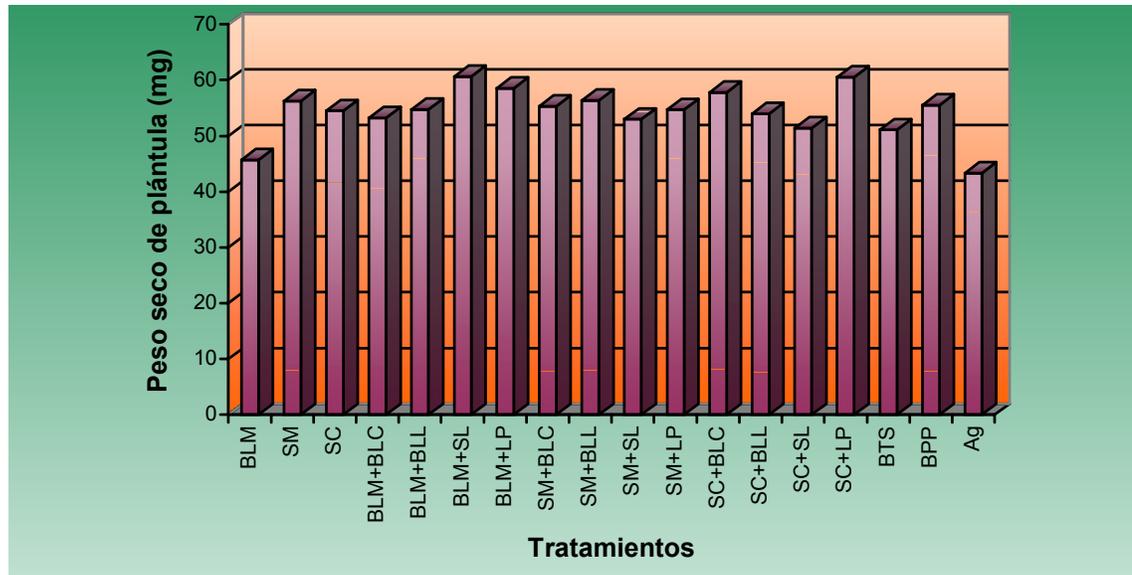


Figura 4.7. Peso seco de plántula (mg) en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomado a los veinte días después de la siembra.

Se asume que los mejores tratamientos que se presentaron en las tres variables mencionadas anteriormente, se comportan como tal, debido a que estos, son de los que manifiestan gran cantidad de zeatinas (citocininas), y de microelementos por lo tanto se efectúa mejor crecimiento celular y por tal razón se presentan como los mejores tratamientos para estas variables.

Longitud media de plúmula

Para esta variable no se pudo realizar la prueba de comparación de medias debido a que no existe diferencia significativa, aunque numéricamente los tratamientos 17, 10 y 12 son los mejores presentando 11.63, 11.58 y 11.50 cm respectivamente, a su vez, los tratamientos con menor respuesta a la

elongación de plúmula son el 3, 13 y 18, con 10.70, 10.66 y 10.0 cm, como se muestra en la figura 4.8.

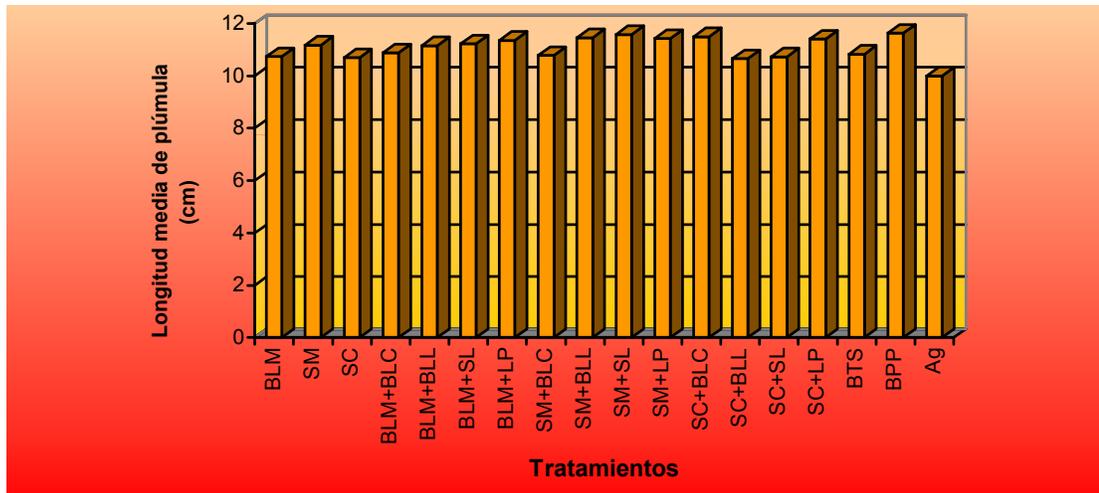


Figura 4.8. Longitud media de plúmula en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomada a los diecinueve días después de la siembra.

Longitud media de radícula

Al igual que el parámetro anterior no se pudo realizar la prueba de comparación de medias debido a que tampoco existieron diferencias significativas, aunque numéricamente los tratamientos que más sobresalieron son el 13 y 11 con 10.89 y 10.10 cm respectivamente, mientras tanto, los tratamientos que manifestaron menor respuesta a la elongación de radícula fueron el 18, 16 y 17 con 8.48, 8.15 y 8.07 cm.

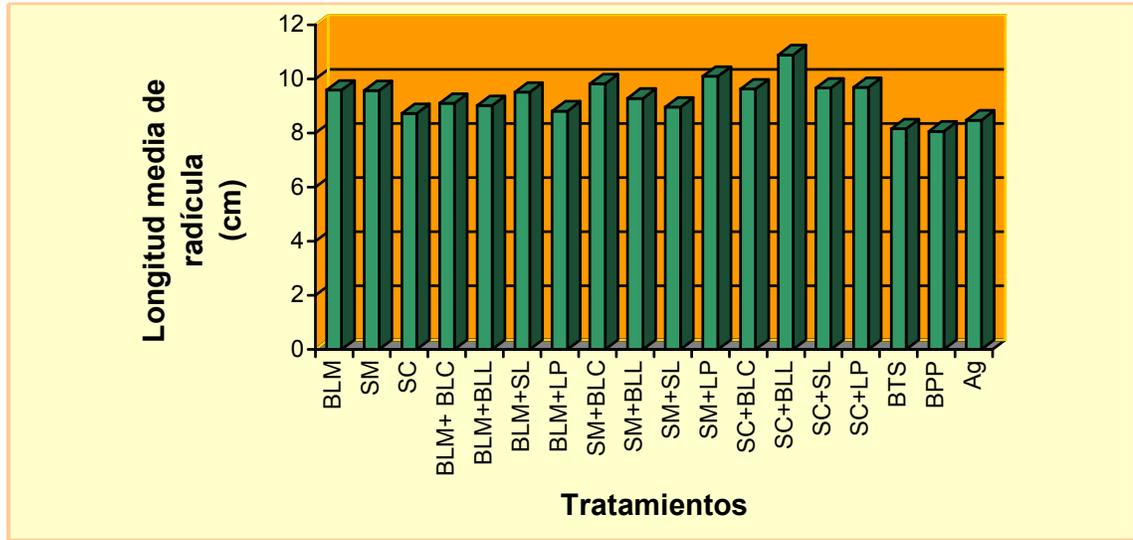


Figura 4.9. Longitud media de radícula en semilla de sorgo tratada con productos orgánico-hormonales, tomada a los diecinueve días después de la siembra.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados observados en éste trabajo de investigación, para las dos etapas podemos concluir lo siguiente:

- Los productos orgánicos hormonales sí tienen efecto positivo sobre la germinación de las semillas de sorgo y este efecto en el caso de algunos tratamientos es considerable comparándolo con el efecto de los productos comerciales Biozyme TS y Biozyme PP.
- Debido a que las condiciones de una siembra en laboratorio y una siembra en invernadero no son iguales, los resultados del efecto de los tratamientos pueden tener ciertas variaciones, sin embargo, los tratamientos que incrementaron más la germinación fueron en laboratorio el tratamiento 9 (Sedimento Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), superando al testigo absoluto con el 32.33 % y a los productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP), con el 12 y 14 % respectivamente, seguido por los tratamientos 1 y 15 que de igual manera superaron a los productos comerciales.

- En invernadero, el tratamiento que mejor sobresalió fue el 5 (Biodigestado Líquido Mixto + Biodigestado Líquido de Lombricomposta), superando al testigo absoluto con el 41.6 % y a los productos comerciales (Biozyme TS y Biozyme PP) con 18.34 y 13.34 %, seguido de los tratamientos 15,14 y 12 que presentaron el 83.33 y 81.66 % para los dos últimos y que también superaron a los productos comerciales mencionados anteriormente.

Como se observa el tratamiento 15 se comporta muy uniforme dentro de las diferentes condiciones, ya que el tratamiento 9 y 5 variaron mucho, además el tratamiento 15 también se comportó bien en las demás variables evaluadas por lo que se establece como el mejor tratamiento en general.

- Los productos comerciales (Biozyme PP y Biozyme TS), fueron superados por el mejor producto orgánico hormonal mencionado anteriormente y que de acuerdo a ello y todo lo dicho anteriormente, nos damos cuenta de que se puede generar un producto que estimule la germinación y que es mejor que los existentes en el mercado. Además cabe señalar también, que existieron otros productos orgánico-hormonales que superaron e igualaron incluso a los productos comerciales antes mencionados.

RECOMENDACIONES

- Dado a que se presentaron resultados satisfactorios con la estandarización de los productos orgánicos en base a su contenido de citocininas con lo productos comerciales, por la importancia que tienen éstas en las plantas y semillas de promover la división celular y romper el letargo durante sus procesos fisiológicos, se sugiere que de igual manera se realice dicho proceso mencionado anteriormente con las demás sustancias y/o microelementos que se encuentran en los productos derivados de la lombricomposta y composteo, ya que es una posibilidad de lograr una mejor eficiencia en éstos, en comparación con los comerciales.
- Debemos darle más aplicación a los productos orgánicos derivados de la composta y lombricomposta como una alternativa para mejorar la calidad de las semillas, debido a que ya se demostró en éste trabajo de investigación de que estos, pueden presentar resultados satisfactorios en cuanto a su mejora de las mismas.
- También se debe extender el uso de estos productos orgánicos en la agricultura, ya que también nos pueden proporcionar mejoras a los

recursos naturales, tomando como mas importancia el suelo y que al emplear éstos nos pueden ayudar a mejorar sus características y así se pueda conservar por más tiempo.

- Al emplear estos productos, es de gran utilidad para los agricultores y en especial para aquellos que no cuentan con los suficientes recursos, ya que los productos orgánicos son de fácil obtención y aplicación y que además por su contenido nutricional mejora la calidad fisiológica de las semillas y que con estos pueden llegar a disminuir sus costos de producción.

LITERATURA CITADA

- Alonso R., N. 2004. Efecto de la aplicación de composta, lombricomposta, y biodigestados líquidos en el crecimiento, rendimiento y calidad de follaje en el cultivo de cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Álvarez O., M. 1998. Calidad de compostas de diferentes materiales orgánicos a partir de su contenido en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos y el desarrollo del cultivo del cilantro (*Coriandrum sativum*, L.). Tesis de licenciatura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México.
- Besnier R., F. 1988. Semillas, biología y tecnología. Ediciones mundi-prensa. Castelló, 37. 28,001 Madrid.
- Bidwell R., G. 1996. Reguladores de crecimiento de las plantas en la agricultura. 8ª reimpresión. Editorial Trillas. México.
- Cerovich., M y Miranda., F. 2004. Almacenamiento de semillas: estrategia básica para la seguridad alimentaria. Maracay, Aragua, Venezuela.
- Copeland., L. O. and McDonald., M.B. 1985. Principles of seed science and technology. Bed burges publishing company. Mineapolis, Minesota. U.S.A. p. 122, 146, 157, 160.
- Duffus., C y Slaughter., C. 1985. Las semillas y sus usos. AGT. Editor, S. A. México, D.F.
- De la Cruz R., R. A. 2005. Aprovechamiento de residuos orgánicos a través de composteo y lombricomposteo. Departamento de fitomjoramiento. UAAAN.
- FAO. 1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas. Roma, Italia. p. 5,7.
- Ferguson., J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: seed vigour testing seminar,1995. Lopenhagen. [proceedengs...] Zurich: International seed. Testing Association, 1995. p. 2

- Flores., A. J. 1993. Evaluación de los ácidos húmicos (Humiplex plus) a diferentes dosis en el desarrollo del cultivo de papa. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. p. 15 – 18.
- Flores. N., A. 2004. Efecto de abonos orgánicos y productos comerciales hormonales en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Franco J., A. y Bacón, S. 1997. http://www.ediho.es/horticom/ten_aut/sust_nut/ahumicos.html.
- Haug., R. T. 1997. Journal of composting recycling biocycle. Feedstock's, conditioning and fire prevention. U.S.A.
- Hartmann T., H. y Kester E., D 1982. Propagación de plantas. Principios y practicas. Compania editorial continental, S. A de C.V. Tercera impresión. México.
- Hurtado., M. D y Merino,. M. E. 1987. Cultivo de tejidos vegetales. Editorial trillas. México. p. 49 - 63.
- ISTA, 1996. International Seed Testing Association. Internacional rules for seed testing, Rules Zurcí, Swithzerlan.
- Kononova, M.M. 1982. Materia Orgánica. 1^{ra} Edición. Editorial Oikos-Thu, S.A. Barcelona, España.
- Mackarthy, P; C. E. Clapp; R. L. Malean; y Chen;, T. Avid; y P. R. Bloom. 1990. Himic substancias in soil and crop sciences American Society of Agronomy, In. Soil Science of American society of Agronomy, In. Soi; Science of American, In. Wisconsin. U. S. A.
- Moctezuma G., R. C. 2003. Evaluación de la nutrición, rendimiento y calidad del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), en diferentes fuentes de nutrición, bajo condiciones de invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Programa universitario de alimentos. Tercera edición. UNAM. México.
- Noriega A., G. 2002. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Fundación produce Chiapas. UACH. Chiapas, México. p. 1, 2,11,19, 20, 23.

Peñaloza A., P. 2001. Semillas de hortalizas. Manual de Producción. Edición universitaria de Valparaíso. p. 33,34.

Rojas G., M. y Vázquez G., R. J. 1995. Manual de herbicidas y fitoreguladores. Aplicación y uso de productos agrícolas. Editorial limusa, S. A de C.V., UTEHA.

Salisbury., F. B y Roos C.W.1994. Fisiología vegetal. Grupo editorial iberoamericano, S. A de C.V. México. p. 395, 447, 448, 501.

Serrato C., V. M. 1995. Curso de capacitación en tecnología de semillas. Consultaría de semillas. El salvador.

Vázquez Y., C., Alma., O., Mariana., R., Maria E., S. y Virginia., C. 2005. <http://omega.ILCE.edu.mx:300/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/157/htm/lcpt157.htm>.

Velasco P., L. 2005. Aplicación de productos orgánico-hormonales en la estimulación de la germinación en semilla de avena (*Avena sativa*, L). Tesis licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Weaver R., J. 1996. Reguladores del crecimiento de las plantas en la agricultura. Universidad de California. 8ª reimpresión. Editorial trillas. México.

CITAS DE INTERNET

<http://www.euita.upv/es>

<http://www.virtual.unal>

<http://www.seedmews.inf.br>

APÉNDICE

Cuadro A.1. Análisis de varianza realizado para la variable de germinación estándar en la etapa de laboratorio.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	2255.500000	132.676471	20.47 **	<0.0001
Error Exp.	36	233.333333	6.481481		
Total	53	2488.833333			

C.V (%) = 3.391988

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.2. Análisis de varianza realizado para la variable de longitud media de plúmula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	31.50465370	1.85321492	10.16 **	<0.0001
Error Exp.	36	6.56706667	0.18241852		
Total	53	38.07172037			

C.V (%) = 3.818297

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.3. Análisis de varianza realizado para la variable de longitud media de radícula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	54.71214259	3.21836133	8.58 **	<0.0001
Error Exp.	36	13.50966667	0.37526852		
Total	53	68.22180926			

C.V (%) = 4.083591

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.4. Análisis de varianza realizado para la variable de peso seco de plántula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	20.33419259	1.19612898	4.80 **	<0.0001
Error Exp.	36	8.96940000	0.24915000		
Total	53	29.30359259			

C.V (%) = 5.221429

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.5. Análisis de varianza realizado para la variable de emergencia total.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	3904.166667	229.656863	2.56 **	0.0088
Error Exp.	36	3233.333333	89.814815		
Total	53	7137.500000			

C.V (%) = 12.77807

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.6. Análisis de varianza realizado para la variable de longitud media de plúmula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	9.41648148	0.55391068	1.34 ^{NS}	0.2222
Error Exp.	36	14.83680000	0.41213333		
Total	53	24.25328148			

C.V (%) = 5.798466

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.7. Análisis de varianza realizado para la variable de longitud media de radícula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	24.9845333	1.4696784	0.64 ^{NS}	0.8325
Error Exp.	36	82.0512000	2.2792000		
Total	53	107.0357333			

C.V (%) = 16.26445

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.8. Análisis de varianza realizado para la variable de peso fresco de plántula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	270866.8595	15933.3447	2.12 *	0.0284
Error Exp.	36	270082.3494	7502.2875		
Total	53	540949.2089			

C.V (%) = 24.09566

** Altamente significativo; * Significativos; ^{NS} No significativo

Cuadro A.9. Análisis de varianza realizado para la variable de peso seco de plántula.

F.V	G.L	S.C	C.M	F.c	Pr>F
Trat.	17	1012.793350	59.576079	1.93 *	0.0480
Error Exp.	36	1111.188600	30.866350		
Total	53	2123.981950			

C.V (%) = 10.24007

** Altamente significativo; * Significativos; NS No significativo