

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO



EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y DISPONIBILIDAD DE AGUA DEL SUELO CON
TRATAMIENTOS DE MATERIA ORGANICA EN AVENA (avena sativa)

Por:

JOSÉ ALEJANDRO LOYO MELCHOR

TESIS

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

SALTILLO, COAHUILA. MEXICO

DICIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE AGRONOMIA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Rendimiento y Disponibilidad de Agua del Suelo con Tratamientos de Materia Orgánica en Avena (avena sativa)

TESIS

Por:

JOSÉ ALEJANDRO LOYO MELCHOR

Presentada como requisito parcial para

Obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO EN PRODUCCION

Aprobado:



M.C. Oscar Lemus Ramírez

Asesor principal



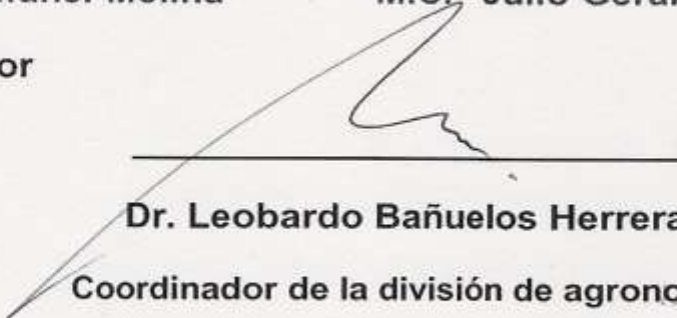
Ing. Genaro Demuner Molina

Coasesor



M.C. Julio Gerardo Charles Cárdenas

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la división de agronomía



Coordinación
de Agronomía

SALTILLO, COAHUILA. MEXICO

DICIEMBRE DE 2011

DEDICATORIA

A mi papa José Alejandro Loyo Castro que siempre tuvo un buen consejo en los momentos difíciles, que me enseñó la virtud del trabajo y que no hay que rendirse.

A mi mama Margarita Melchor Sánchez que siempre me ha dado su amor incondicional y es un ejemplo de lucha en la vida.

A mis hermanos Vero, Mari, Jorge, Juanis, Felipe, Rut. y Rafa que siempre han estado conmigo apoyándome y aconsejándome en mi vida, a todos los quiero mucho gracias por todo.

A todos mis amigos con los cuales pase buenos momentos, a mi novia Dulce por su amor, comprensión y paciencia.

Educar es adiestrar al hombre para hacer un buen uso de su vida, para vivir bien; lo cual quiere decir que es adiestrarse para su propia felicidad. **Antonio Maura**

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Mater la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro que me dio una excelente educación, brindándome las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.

Al M.I.H. Oscar Lemus Ramírez por brindarme su amistad a lo largo de mi carrera y su apoyo en el presente trabajo

AL M.C.Julio Gerardo Charles Cárdenas por brindarme su amistad a lo largo de mi carrera y su apoyo

Al Ing. Genaro Demuner Molina por su amistad y apoyo en el presente trabajo

A todos mis maestros que me brindaron humildemente su conocimiento y experiencias en pro de mi formación profesional

*Alma Terra Mater,
Alma Terra Mater,
Arda Troya y en combate muera Marte,
Arda Troya y en combate muera Marte.
Buitres, Buitres!, al ataque!*

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.,
DEDICATORIAS.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DEL CONTENIDO.....	iii
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE GRAFICAS.....	v
I INTRODUCCION.....	1
OBJETIVO.....	4
HIPOTESIS.....	4
II REVISION DE LITERATURA.....	5
HISTORIA Y ORIGEN GEOGRÁFICO.....	5
CLASIFICACION BOTANICA.....	5
DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA.....	5
DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
RAÍCES.....	6
TALLO.....	6
HOJA.....	7
INFLORESCENCIA.....	7
ESPICULA Y FLOR.....	8
EPOCA DE SIEMBRA.....	8
MÉTODOS DE SIEMBRA.....	9
PROFUNDIDAD DE SIEMBRA.....	10
SISTEMAS DE SIEMBRA.....	10
CICLO DEL CULTIVO.....	11
ASPECTOS CLIMATICOS.....	11
CLIMA.....	11
FOTOPERIODO.....	12
HUMEDAD.....	12
ASPECTOS AGRONOMICOS.....	12
PREPARACIÓN DEL TERRENO.....	12
BARBECHO.....	13
RASTRA.....	14
NIVELACION.....	15
ASPECTOS EDAFICOS.....	15
RIEGOS.....	16
FERTILIZACION.....	16
EFECTO DE LOS PRODUCTOS ORGÁNICOS EN LA AGRICULTURA.....	17
CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS.....	18
CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LAS ALGAS.....	19
¿QUE SON LAS ALGAENZIMAS?.....	19
COMO ACTÚAN LAS ALGAENZIMAS.....	20
APLICADAS AL SUELO.....	20
FOLIARMENTE.....	20
TRATAMIENTO SUELO-FOLIAR.....	21
LAS ALGAS Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA.....	21
PRODUCTOS DERIVADOS DE LAS ALGAS.....	21
EFECTO DE LAS ALGAS EN LAS PLANTAS.....	22
USO DE LAS MICORRIZAS.....	26
COMPOSTA.....	29
INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA AL SUELO.....	29
INCIDENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA FERTILIDAD DE LOS CULTIVOS.....	29

LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO.....	30
EFFECTOS FÍSICOS.....	31
EFFECTOS QUÍMICOS.....	34
EFFECTOS BIOLÓGICOS.....	34
ACCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA.....	35
SOBRE EL SUELO.....	35
SOBRE LA PLANTA.....	38
CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO.....	39
EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO SE PUEDE EXPRESAR COMO:	39
POTENCIAL DEL AGUA EN EL SUELO.....	40
COMPONENTES DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL SUELO.....	42
CURVAS CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD.....	43
CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD.....	43
HISTÉRESIS.....	44
IMPORTANCIA DEL AGUA PARA EN LAS PLANTAS:.....	45
OBJETIVOS DEL RIEGO:.....	45
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	46
LOCALIZACION GEOGRAFIACA.....	46
CLIMA.....	47
TEMPATURA.....	47
MATERIALES UTILIZADOS:.....	47
DISEÑO ESPERIMENTAL.....	48
PREPARACION DEL TERRENO.....	48
PARCELA EXPERIMENTAL.....	48
APLICACIÓN DE PRODUCTOS.....	49
PERIODO DE SIEMBRA.....	49
COSECHA.....	49
DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SECADO DE MUESTRAS.....	50
CÁLCULO DE LÁMINA DE RIEGO.....	50
IV RESULTADOS Y DISCUSION.....	53
RENDIMIENTO.....	53
VARIACION DE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD	54
CONCLUSIONES.....	56
RESUMEN.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	58

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 CURVAS DE RETENCION DE HUMEDAD.....	43
FIGURA 2.2 HISTERESIS.....	45
FIGURA 3.1 LOCALIZACION GEOGRAFICA.....	48
FIGURA 3.2 APLICACIÓN DE PRODUCTOS.....	49
FIGURA 3.3 ESTABLECIMTO DE LAS PARCELAS Y SUS TRATAMIENTOS.....	50

INDICE DE TABLAS

TABLA 4.1 FUENTES DE VARIACION DE EL RENDIMIENTO.....	53
TABLA 4.2 RENDIMIENO DE LA MATERIA SECA TON/HA CON RESPECTO ALOS MEJORADORES	54
TABLA 4.3 CONSTANTES DE LA HUMEDAD CON TRATAMIENTO DE MEJORADORE	55

INDICE DE GRAFICA

GRAFICA 4.1 RENDIMINTO DE MATERIA SECA RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS.....	54
---	----

I.- INTRODUCCIÓN

En la producción de cereales, la avena es uno de los más importantes del mundo, ocupando el cuarto lugar en la producción de grano, después del trigo, el arroz y el maíz.

La avena es un cereal que en México se ha utilizado muy poco para el consumo humano, porque su uso principal es la alimentación animal; utilizando tanto el grano, en la elaboración de concentrados; como el forraje y sea henificado, ensilado o en pastoreo.

La avena en México se utiliza principalmente para la producción de forraje, ocupando una superficie anual aproximada entre: 37,0000 y 38,0000 has. Y, en menor escala para la producción de grano, ocupando una superficie anual aproximada entre: 18,000 y 20,000 has.

De la superficie anual sembrada en México, aproximadamente el 90% es de temporal, en esta superficie los rendimientos son muy bajos; el 10 % restante es de riego y es la superficie que aporta la mayor parte de la producción nacional.

En algunos países el cultivo de la avena se ha incrementado en gran forma en el presente siglo; como en el caso de Argentina y Uruguay, pues el primero, afines del siglo pasado estaban dedicados al cultivo únicamente 2,2000 has., 35 años después destinaban 1500000 has. En Uruguay, este incremento ha sido más

marcado probablemente debido a un aumento en las necesidades forrajeras por el aumento de ganado.

Dada la necesidad de producir avena de mayor calidad y obtención de un mayor rendimiento a un costo más bajo, la presente investigación tiene como finalidad contribuir con el desarrollo de la agricultura mediante el uso de productos naturales que realmente no dañen el medio ambiente, sino por el contrario que lo enriquezcan, como son las algaenzimas, micorrizas y composta observando cómo influyen en la planta.

El uso de un producto comercial que está tomando relevancia cuyo nombre comercial es ALAGENZIMS, el cual es un extracto orgánico preparado a base de algas marinas (*Sargassum acinarium* L.) que provoca en las plantas respuestas favorables entre las cuales está un aumento considerable en la protección contra algunos parásitos y enfermedades, además de que se tiene una recuperación ecológica al no ser contaminante en su aplicación y en su actividad.

Las algaenzimas han sido probadas en los campos de Estados Unidos para aumentar la producción con resultados satisfactorios, pero en los campos mexicanos son poco conocidas, lo que nos ofrece una buena opción para realizar el presente trabajo, ya que en nuestro país casi no existe información de trabajos que fuesen realizados utilizando a esta especie con la finalidad de explotar su potencial. (Canales, 1997).

El uso de micorrizas (*Glomus intraradices*) en la agricultura permite que las plantas puedan obtener mejor su alimento, puedan resistir un mayor estrés ambiental. La captación creciente de los minerales del suelo por las plantas colonizadas significa que es posible considerar sustancialmente el reducir aplicaciones de fertilizantes y pesticidas y al mismo tiempo obtener producciones equivalentes o aún más altas de cosechas (Abbott y Robson).

También es posible mantener la calidad y las sustancias del suelo mientras que se protege el ambiente y al mismo tiempo se reducen los costos de producción.

La materia orgánica del suelo es uno de los recursos naturales más importantes y se reconoce su utilidad desde la antigüedad como un agente primordial de la fertilidad del suelo.

La descomposición de animales y plantas que ocurre en el suelo es un proceso biológico básico. Dicha descomposición lleva a que los materiales originales pasen a diversas formas químicas: dióxido de carbono, agua, amoníaco, óxidos de nitrógeno, elementos minerales esenciales para la nutrición de las plantas, etc.

Pero parte de dichos materiales y elementos son tomados por los microorganismos encargados de realizar dicha descomposición y otra fracción es empleada en formar el humus. A su vez, el humus se va degradando nuevamente

para generar las formas químicas que anteriormente hemos expuesto. Así, la materia orgánica de los suelos está en un permanente cambio dentro de un equilibrio más o menos estable, característico del suelo y del sistema de explotación del mismo (Gonzalbez. 2004).

OBJETIVO

Evaluar el efecto que tiene la aplicación de diferentes mejoradores orgánicos del suelo en la retención de humedad y su efecto sobre el rendimiento del cultivo de avena forrajera (Avena Sativa).

HIPOTESIS

Los mejoradores orgánicos del suelo propician una mayor retención de humedad disponible para la planta lo que redundará en buenos rendimientos en materia seca al final del ciclo del cultivo.

II.- REVISION DE LITERATURA

HISTORIA Y ORIGEN GEOGRÁFICO

No se conoce con certeza el área exacta donde se originó la avena cultivada, pero al parecer tuvo su origen en la región de Asia Menor; de donde se extendió hacia el Norte y hacia el Oeste hasta Europa y a otras regiones favorables para su cultivo. Sampson (1954), menciona que es muy probable que los granos más antiguos fueron encontrados en Egipto hace 2000 años AC.

CLASIFICACION BOTANICA

DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA

La avena es un cereal clasificado taxonómicamente, dentro del Reino Vegetal, de la siguiente forma:

División: Tracheophyta

Subdivisión: Pteropsida

Clase: Angiosperma

Subclase: Monocotiledónea

Orden: Gramin

Familia: Gramínea

Tribu: Aveneae

Género Avena

Especie Sativa

DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

La avena es una planta anual, siendo de verano la gran mayoría de sus variedades; el resto son de invierno.

RAÍCES.

El sistema radical de la avena es muy similar al del trigo. El gran desarrollo de sus profundas raíces fibrosas, que en el trigo penetran hasta 60 a 90 cm. de la superficie del suelo, son algo más profundas en la avena pues llegan a profundidades de 90 a 120 cm.

Weaver(1926) encontró que el promedio del trabajo de profundización de las raíces de la avena, en las llanuras de zacates cortos y en las verdaderas praderas, es de 81 a 102 cm., respectivamente, y que el máximo de profundización es, en cada caso de 102 y 135 cm.

TALLO.

El tallo de la avena es recto, de 80 a 160cms. de altura; hueco y nudoso; emergiendo las hojas de los nudos. Comparado con el tallo del trigo, el de la avena es de diámetro un poco mayor y más blando; el número de internudos en la caña varía de cuatro a ocho.

HOJA.

La avena produce gran número de hojas; la vaina es cerrada y la lígula corta y ovalada, con dientes bien definidos y distinta, por lo tanto, de la del trigo, centeno y cebada.

Las hojas jóvenes están enrolladas hacia la izquierda y carecen de aurículas, carácter que distingue a la avena de los demás cereales.

INFLORESCENCIA.

Las espículas o espiguillas de la avena están dispuestas en forma de panículo. La ramificación del eje es racimosa; la de más arriba es cimosa.

El número de verticilos en un panículo es de cuatro a nueve, comúnmente de cinco o seis.

Aparentemente existe cierto número de ramas primarias que emergen de un mismo nudo, pero en realidad sólo hay una rama primaria de la que emergen las demás, decreciendo la ramificación desde la base hasta el vértice. En la avena de bandera el panículo se extiende a todos lados en torno del eje central.

ESPICULA Y FLOR.

El número de flores de una espícula de avena es de dos a cinco, raramente sólo hay una y comúnmente son tres. En las avenas llamadas solitarias, madura solamente una flor, que es la basal; en las denominadas gemelas, maduran dos y ocasionalmente tres. Las flores apicales de la espícula son a menudo estaminales (imperfectas).

Si un gran número de espículas porta tres semillas hay al mismo tiempo una reducción en el número de espículas en el panículo, así como en el peso total de los granos de dicho panículo (Robbins, 1931).

Las dos glumas vacías son de iguales y más largas que las lemas. Estas son redondeadas por el dorso, agudas, y habitualmente con una arista o barbilla insertada dorsalmente a la lema. Por lo común la flor basal es la única aristada. La palea es bidentada, y más corta que la lema; Hay tres estambres; el estilo se divide en dos ramitas plumosas, y hay dos lodículos visibles sobre todo en la época de la floración.

ÉPOCA DE SIEMBRA

Como en todos los cultivos, la época óptima de siembra es un factor limitante en la mayor producción de grano, forraje, o ambos. Una buena regla general a seguir es sembrar temprano tanto la avena de primavera como la de

invierno, aunque esto no es tan importante en las variedades de primavera, la siembra temprana no sólo resulta en mayores rendimientos sino también en una mejor calidad del grano. Las avenas de invierno son menos resistentes a las bajas temperaturas que la cebada de invierno o el trigo de invierno. Esas avenas generalmente se siembran a fines de septiembre o en octubre.

MÉTODOS DE SIEMBRA

Depende de las condiciones ecológicas y edáficas de la región agrícola.

Básicamente hay dos formas:

1. Regar y después sembrar. Bajo condiciones de riego, consiste en tener bien preparada la cama de siembra, formar melgas de 10 a 20 mts. de ancho y de 50 a 100 mts. De longitud (el ancho y longitud depende del desnivel y textura), para delimitar las melgas se recomienda el uso de un bordero y de no tenerse se puede usar una canalera (especie de arado de doble vertedera).

Después de trazar las melgas con sus bordos y regaderas, se realiza el riego por inundación, a cubrir una lámina de más o menos 20 cm. Alrededor de los 10 días ya puede meterse maquinaria para deshacer los bordos (arado de doble vertedera) y luego un paso de rastra para terminar de emparejar donde estuvieron los bordos y, además, para destruir las malas hierbas que hayan emergido, además, permite una mejor siembra con maquinaria (más o menos 28 a 30 cm. entre líneas) o también al voleo.

2. Sembrar y después regar. Se recomienda para regiones de agua de riego insuficiente, dónde deben usarse las mejores prácticas de cultivo que aseguren al máximo la economía del agua. Después de sembrar, se levantan los bordos y regaderas, previamente habiendo determinado anchura y longitud de las melgas.

Si no se cuenta con agua de riego, la siembra deberá hacerse después de una precipitación pluvial adecuada que asegure una buena germinación.

PROFUNDIDAD DE SIEMBRA

En condiciones normales, se siembra a una profundidad de 2-3 cm. y si la tierra esta muy seca en la superficie, se debe sembrar a una profundidad hasta de 6cm., Pero si se aumenta la profundidad se corre el riesgo de disminuir la uniformidad de la germinación.

SISTEMAS DE SIEMBRA

Actualmente, la avena se siembra en dos formas:

1) En hileras con una sembradora común en hileras. La distancia en hileras puede variar según las condiciones del suelo, lo más común es sembrar a una distancia de 25 cm. Entre hileras.

2) Al voleo con sembradora tipo centrífuga. Esta sembradora efectúa la siembra en un ancho de 8 hasta 12 mts.

CICLO DEL CULTIVO

El ciclo vegetativo varia de 95-120 días, dependiendo si es precoz, intermedia o tardía.

ASPECTOS CLIMATICOS

CLIMA

La avena puede adaptarse a una gran variedad de climas semicálidos y fríos puesto que se cultiva desde una altura de cero a 3000 m.s.n.m. En general se siembra en regiones de clima frío seco o frío húmedo. En climas templados es preferible hacer el cultivo durante el invierno, teniendo precaución que la floración no coincida con las heladas. En clima caliente y seco, cuando el cultivo está formando grano, da por consecuencia un llenado pobre y un rendimiento bajo. Un clima cálido y húmedo favorece el desarrollo de organismos patógenos que reducen el rendimiento y calidad del grano.

FOTOPERIODO

Se puede decir que se adapta a cortos y largos dependiendo de las variedades, así como su adaptación entre los 65° latitud norte y 45° latitud sur, exceptuando las regiones ecuatoriales cálidas y/o húmedas.

HUMEDAD

La avena es más exigente en humedad del suelo que el trigo y la cebada, esto se debe a que la avena consume más agua que cualquier otro cereal para la síntesis de un kilogramo de materia seca, en cambio la cebada no se adapta a condiciones de alta precipitación pluvial.

ASPECTOS AGRONOMICOS

PREPARACIÓN DEL TERRENO

No se puede obtener una buena cosecha con una mala preparación del terreno, y la avena, al igual que la mayoría de los cereales, necesita una buena cama para su siembra; para esto se recomienda:

No trabajar el suelo cuando esté muy húmedo. Dar un paso de rastra de disco durante el otoño, así la preparación del terreno podrá efectuarse con mayor facilidad un poco antes de la siembra. Esto, además, reduce la población de malas

hierbas. Hacer un barbecho profundo para voltear la capa arable y aflojar el suelo. Nivelar el terreno para aprovechar mejor la lluvia y distribuir más uniformemente la semilla; esto evita los encharcamientos y por lo tanto la pérdida de plantas.

La buena preparación del terreno consiste básicamente en aflojar la tierra, desmoronar los terrones grandes y nivelar (CIAN, 1985).

En general se siembra esta planta en terrenos planos, aunque a veces se necesita hacer siembras en contorno o en terrazas, habiendo en ocasiones declives muy pronunciados que son fáciles de provocar la erosión a menos que se construyan debidamente las fajas en contorno o las terrazas (Córdoba, 1963).

BARBECHO

Consiste en el rompimiento inicial de la capa arable (por lo general capa de suelo a una profundidad de 20 a 30cms.) y se realiza básicamente con dos tipos de arado, uno es el arado de rejas, el otro es el arado de discos (Robles, 1982). Acevedo (1971), menciona que la preparación del terreno para una posterior siembra, requiere de una serie de cuidados en su ejecución, ya que de ellos dependerá el rendimiento del cultivo. Con las labores de arado (barbecho), se consiguen los siguientes objetivos importantes:

- Facilitar la penetración de las raíces en el suelo
- Facilitar la meteorización y aireación del suelo
- Facilitar la penetración del agua y su conservación
- Destrucción de las malas hierbas
- Incorporación de la materia orgánica del cultivo anterior para facilitar su descomposición
- Exponer las plagas del suelo a la intemperie, provocando así su muerte debido a la acción del sol.

RASTRA

Esta operación se realiza con rastra de discos, ya sea izquierda o derecha, integral o de remolque, o también se puede utilizar una rastra de dientes; el tipo de rastra utilizada va a depender en gran medida del potencial del tractor, así mismo, de la capacidad económica del agricultor

El rastreo se hace en los terrenos después de que se ha llevado a cabo el barbecho (Soto et al, 1970), para desmenuzar la tierra; una tierra bien mullida, facilita la siembra correcta y favorece la germinación de la semilla, debido a que ésta queda en contacto directo con las partículas del suelo húmedo, eliminando la resistencia que puede haber para las raíces; pone a disposición de la planta los elementos necesarios para su nutrición, asegura la circulación del aire en el suelo;

está en condiciones de retener mayor cantidad de agua, eliminando los espacios vacíos.

Al rastrear, además de desmenuzar la tierra, se mezclan entre sí las capas superficiales del suelo, las malezas y los rastrojos y residuos de la cosecha anterior, se trituran y entierran lo suficiente, de modo que facilite su descomposición, obteniendo materia orgánica, se entierra el abono animal o vegetal, facilitando su transformación tan importante para el mejoramiento del suelo.

NIVELACION

La nivelación es un componente muy importante de la preparación del terreno; se recomienda que la pendiente no sea más del 2% a fin de efectuar riegos uniformes y evitar encharcamientos que favorecen la pudrición de las plantulas.

ASPECTOS EDAFICOS

La avena se adapta a terrenos muy diversos. Los suelos secos no son propios para la avena, así como tampoco los que retienen excesivamente la humedad. Crece bien en suelos profundos, arcillo-arenosos, ricos en cal, pero sin exceso, y que retengan la humedad sin que se produzca el encharcamiento de agua durante el invierno. También se alcanzan buenas producciones cuando se la cultiva en suelos limosos y aluviones.

Se adapta perfectamente en suelos ácidos y esto permite la siembra en terrenos recién roturados, ricos en materia orgánica. El ph que podemos considerar apto para su cultivo está entre 5 y 7, siendo la avena muy sensible a la salinidad del suelo.

RIEGOS

Es importante conocer la metodología para la determinación de la frecuencia y lamina de riego. Los riegos deben darse durante las siguientes etapas de desarrollo:

- Antes de la germinación de la semilla
- Durante el estado de amacollamiento
- Durante el encañe
- Durante la formación de la banderilla o embuche
- Durante la floración
- Durante el estado lechoso del grano.

FERTILIZACION

La fertilización en avena puede hacerse antes de la siembra, al momento de la siembra o después de la siembra. Por lo general, la avena necesita más nitrógeno que el que puede proporcionarle el suelo.

Los cereales, entre los que se incluye la avena, por lo general requieren entre 40 y 200 kg. de nitrógeno, entre 20 y 60 kg. de fósforo y hasta 40 kg. de potasio por hectárea; también necesitan micronutrientes en pequeñas cantidades.

La aplicación del fertilizante en una sola vez, se hace antes de rastrear, para que con esta operación se mezcle el fertilizante con el suelo.

Si el fertilizante se aplica en dos veces, la primera aplicación se hará antes de la labranza secundaria (antes de la siembra) aportando el 40% del nitrógeno total y todo el fósforo y todo el potasio. La segunda aplicación se hará en época de amacollamiento, es decir, entre los 25 y 35 días después de la germinación; en esta segunda aplicación se aporta el 60% de nitrógeno restante.

La fertilización se hace: manualmente, en forma individual o mateada; o en forma mecánica con fertilizadora estándar o tipo centrífuga.

EFFECTO DE LOS PRODUCTOS ORGÁNICOS EN LA AGRICULTURA

La agricultura es una de las actividades humanas que actúa sobre el medio que lo rodea, modificando las relaciones entre los seres vivos y permitiendo la obtención de los recursos de diversa naturaleza, fundamentalmente alimenticios.

Se entiende por materiales orgánicos todas las sustancias orgánicas, de origen animal, vegetal o mixto, que se añaden al suelo con el fin de mejorar su fertilidad. Además de aportar al suelo sustancias nutritivas influyendo positivamente en la estructura del suelo y sirviendo de alimento a los microorganismos. Los materiales orgánicos pueden ser de origen animal como la orina, sangre, huesos, deyecciones sólidas, etc., las de origen vegetal como la turba, residuos de cultivo, semillas, hojas secas, algas, etc., y de origen mixto como el estiércol, residuos de hogares, mantillos, etc. (Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera).

CLASIFICACIÓN DE LAS ALGAS

Hay seis divisiones de plantas simples que tienen clorofila, o una sustancia similar y se llaman algas y son:

Cianofitas (algas azul – verdes)

Clorofitas (algas verdes)

Carofitas (carofiaceas)

Crisofitas (diatomeas y sus semejantes)

Faeofitas (algas pardas)

Rodofitas (algas rojas).

No hay concordancia de cómo están relacionados los varios grupos de algas o cual ha sido su historia evolutiva. Las algas azul-verde parecen ser las más primitivas y las rojas las más especializadas, pero es simple formar un “árbol familiar”. (Edmundo y Katerine, 1963).

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES DE LAS ALGAS

Son muy diversas y evidentemente incluyen varias líneas de descendencia evolutiva, de modo que el grupo como un todo es artificial.

Casi todos los miembros viven en el agua, la mayoría en el mar donde sin duda aparecieron primeramente, pero ahora muchas que están restringidas a agua dulce. Unos cuantos tipos viven en las rocas, en los árboles o en la superficie del suelo.

Las algas forman una parte importante de aquellas masas de plantas diminutas o animales que flotan libremente en el mar o en las aguas dulces y que se conocen colectivamente como “plancton” (Canales, 1997).

¿QUE SON LAS ALGAENZIMAS?

Es un producto obtenido a partir de extracto de algas marinas por un proceso que les extrae el máximo de sus componentes sin perder sus atributos. Es un producto orgánico, no tóxico, completamente natural.

La algaenzima es un producto biológico que no perjudica el medio del suelo, más bien propicia su equilibrio físico-biológico rehabilitándolo por más degradado que este esté. (Canales, 1997)

COMO ACTÚAN LAS ALGAENZIMAS

APLICADAS AL SUELO

Propicia que el suelo libere libremente los nutrientes para que las plantas se vigoricen y se obtengan mayores y mejores cosechas. Acelera un proceso natural que se da en la génesis de los suelos, proceso que en condiciones normales tardaría siglos.

En el caso de los suelos arcillosos, libera los nutrientes y cuando se trata de suelos arenosos los retiene, evitando su lixiviación.

Al disolver los carbonatos mediante la producción de ácido carbónico las enzimas des compactan el suelo pesado, haciéndolo friable formando poros y

facilitando la difusión y penetración del aire, agua y raíces. Como es muy soluble, su acción penetra en el suelo hasta donde llega el agua (Canales,1997).

FOLIARMENTE

Como los componentes de las algas son solubles y balanceados por la naturaleza, son fácilmente absorbidos por las hojas jóvenes. Los ácidos algínicos, el manitol y las enzimas ayudan a movilizar los nutrientes en el interior de la planta. Los reguladores de crecimiento propician el crecimiento de las células; además, inducen la división de las mismas. (Canales, 1997).

TRATAMIENTO SUELO-FOLIAR

En conjunto y por separado vigorizan las plantas haciéndolas resistentes a las enfermedades, ataques de insectos, heladas y sequías. (Canales,1997).

LAS ALGAS Y SU APLICACIÓN EN LA AGRICULTURA

PRODUCTOS DERIVADOS DE LAS ALGAS

El uso de las algas en los cultivos ha aumentado, es por eso que se han desarrollado un gran número de algas procesadas. Como las harinas que se aplican al suelo en grandes volúmenes o mezcladas con el suelo del sustrato en plantas de invernadero; extractos líquidos o en polvo y, concentrados, que se usan

para sumergir las raíces; en el suelo, para mejorar la retención de humedad y, como fertilizantes foliares. (Senn 1987; Metting et al. 1988).

Para la agricultura y horticultura, la mayoría de los productos provienen de algas pardas, las cuales se cosechan en aguas templadas. Las especies más comúnmente utilizadas son: *Ascophyllum nodosum*, *Ecklonia maxima* y *Fucus vesicularis*. La *Laminaria* y el *Phangasum*, son menos usadas. Estas algas pertenecen a las Phaeophyceae y se escogen por su tamaño y disponibilidad, más que por alguna cualidad específica. (Mooney y van Staden, 1985).

EFFECTO DE LAS ALGAS EN LAS PLANTAS

La mayoría de plantas responden al tratamiento de preparados de algas, se cree que se debe principalmente a las citocininas, las cuales tienen influencia en la división de las células; esto se fundamenta, en que se han detectado actividades parecidas a las de las citocininas en un número de compuestos comerciales de algas. (Bentley y Read, 1968; Hussain y Boney, 1969; Jennings, 1969; Augier y Harada, 1973; Money y van Staden, 1987) citados por Canales, 1997, indicaron tentativamente la presencia de un número de citoquininas (trans-zeatina, trans-ribozeatina, dihidrozeatina y 150-penteniladenina), en el alga parda *Pangassum heterophyllum*.

Temple W.D. y Bomk A.A. (1989) sugirieron que la aplicación de algas en los cultivos, podían proveer una cantidad limitada de nutrientes para corregir una diferencia de cierta amplitud.

Las mezclas masivas de cultivos de *Alusoria*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Plectonema* y *Tolypothrix*, son secados al sol y abastecidos en forma de hojuelas para inocular arrozales según las dosis recomendadas que son de 8 a 10 kg/ha aplicados una semana después de la plantación. Las algas mencionadas ayudan a la actividad de fijación de N₂ (Venkataraman, 1972). Esta tecnología fue utilizada en los años setenta en dos millones de hectáreas en la India, 400 mil en Burma y áreas menores en Sri Lanka y Nepal (Roger et al. 1985).

Blunden y Woods (1969) mencionan que en las algas se encuentran carbohidratos que pueden servir como fuente de energía adicional para el desarrollo de la planta, al ser aplicadas para fertilizar..

Soriano (1993) reporta que con los tratamientos de 1.5 l/ha, en aplicación foliar y 16 lt/ha en aplicación al suelo utilizados en combinación, dieron resultados positivos en la reducción de enfermedades e incidencia de insectos dañinos al cultivo en comparación con el testigo, en el cultivo de chile serrano (*Capsicum annuum* L.).

Varios investigadores han reportado sustancias promotoras del crecimiento en algas. La evidencia sugiere la presencia de hormonas de crecimiento en extractos de algas.

Mowat et al. (1967) demostraron la existencia de sustancias similares a las citocininas en las algas marinas unicelulares *Gymnodium splendens* y *Phaedactylum tricornutum*.

Jen (1972) reportó que los extractos líquidos del *Ascophyllum nodosum* contienen auxinas o compuestos semejantes a ellas.

Se han extraído citocininas de algas unicelulares como *Laminaria* spp, *Laminaria digitata*, *Ectonia* sp. *Ectonia huphnae* sp. (Mowat et al., 1967; Hussain et al., 1969) y Jennings, 1969).

Briant et al, (1973) con ayudas de pruebas biológicas confirmaron la presencia de citocininas en las algas marinas.

De acuerdo con Williams et al. (1974), en tres extractos comerciales más usados en Estados unidos, se verificó la presencia de auxinas, giberelinas y citocininas.

Astbury (1970) en experimentos realizados en manzana, crisantemo, durazno, pepino, frijol, fresa, col de bruselas y grosella negra; las algas dieron como resultado en muchos de los casos, la reducción en la incidencia de plagas y enfermedades, existiendo un incremento en el rendimiento y alargándose, a la vez, la calidad de la fruta.

Metting (1981) reporta que las algas del suelo son un importante componente del sistema agrícola, en varias partes del mundo.

Jen (1972) concluyó que los beneficios del extracto de algas pueden provenir de los cambios fisiológicos en la estructura interna de las células de las plantas, los cuales pueden ser inducidos por los altos contenidos de micronutrientes del extracto de algas.

Según Blunden (1977) las aplicaciones foliares de un extracto comercial a base de *Laminareaceae* y *Fucaceae* como un aditivo de fertilizantes fue asperjado en plátano teniendo como resultado una reducción en el tiempo de floración, y un incremento en el peso promedio de los racimos. Aparentemente, no hubo diferencia entre las plantas tratadas y los testigos en cuanto a N, P, K, Ca y Mg, pero si hubo una marcada diferencia en el Mn.

Dorantes (1992) reporta que con el tratamiento de ocho litros de ALGAENZIMS por hectárea, aplicados al suelo, se obtuvo el mejor rendimiento así como el más alto contenido de proteínas en el cultivo de cilantro.

Francki (1960) sugiere que ciertos componentes de las algas, secuestran los metales o dan complejos solubles, incrementando así la disponibilidad y toma de minerales por parte de la planta. El autor encontró que las hojas de los tomates, tratadas con extractos de algas, contenían más Mn que las algas. Las mismas algas liberan el Mn.

Abetz et al. (1983) encontraron que las plantas de lechuga aumentaron significativamente su peso y diámetro promedio del corazón, al aplicarse extracto de *A. nodosum*. En el caso de coliflor, la aplicación condujo a un incremento significativo en su diámetro.

Nelson et al. (1983) demostraron que la aplicación del extracto de algas en trigo, incrementó significativamente el diámetro de la caña, el número total de espigas secundarias por panoja y el rendimiento en grano por espiga y por planta.

Povolny (1972) observó un aumento de cerca del 17.1% en el rendimiento de pepinos establecidos en invernadero, al aplicar una solución de 0.2% de extracto comercial de algas marinas con intervalos de 8 a 10 días además de una mínima infestación por *Tetranychus telarius* en plantas tratadas en comparación con los testigos y el período de fructificación se alargó. Una solución de 1% aplicada en un suelo bajo en humedad incrementó el rendimiento por un período de 2 años hasta cerca de 17.7%.

USO DE LAS MICORRIZAS

El término micorriza, viene a nosotros de la combinación de las palabras, mikos del griego (hongo) y el término latino rhiza (raíces). Por lo tanto señala básicamente la asociación simbiótica entre los hongos y las raíces de la planta.

Entre los tipos de micorrizas observados en la naturaleza uno se encuentra en la mayoría de plantas cultivadas. La micorriza arbuscular, que vive en asociación aproximadamente con 85% de plantas herbáceas. (Read, 1984)

Las Micorrizas son las asociaciones simbióticas que se forman entre las raíces de la mayoría de las especies de plantas con los hongos. Estas simbiosis son caracterizadas por el movimiento bilateral de los alimentos donde el carbón fluye al hongo y los alimentos inorgánicos se mueven a la planta, de tal modo se forma un acoplamiento crítico entre la raíz de la planta y el suelo.

En suelos estériles, los alimentos tomados por los hongos micorrizicos pueden conducir al crecimiento vegetal y a la producción mejorada. Consecuentemente, las plantas micorrizadas pueden ser a menudo más competitivas y tolerar un mayor estrés ambiental que las plantas no micorrizadas. (Sylvia, 1989)

Las micorrizas son pequeñas raíces o pelos radicales de muchas especies, en su mayoría árboles, que se han infectado con hongos y forman una asociación de larga vida en la que el hongo vive dentro o sobre de las células de la raíz. Un manto o vaina de hifas fungales puede rodear la raíz, actuando esencialmente a manera de esponja y reemplazando los pelos radicales que no crecen, o no pueden hacerlo.

Ocurren algunos cambios morfológicos, en particular la producción de raíces cortas, y muy ramificadas con expansiones en forma de clava en sus extremos; estas pueden resultar de la actividad auxínica. Pueden estimularse mediante la aplicación de IAA, y se sabe de muchos microbios que forman esta sustancia. Están involucrados numerosos hongos (pueden ser miembros de Basidiomycetes, Hymenomycetes o Gastromycetes) y, algunas de las asociaciones que se forman no son muy específicas. Ciertas setas comunes de los bosques son los cuerpos fructíferos de hongos micorrizicos. Como algo peculiar, estos hongos usualmente no segregan celulasas o proteasas. (r.g.s. Bidwell)

Ciertos factores desconocidos pueden estar involucrados en el establecimiento de asociaciones micorrizicas, si bien los hongos se desarrollan en un medio complejo su crecimiento se acentúa considerablemente si se cultivan con ellos algunas piezas de raíces de árbol. Aparentemente cierto exudado de la raíz controla y aun impide la entrada del hongo. Las raíces del tomate impiden la entrada de hongos, y en las del pino la infección se circunscribe a partes específicas de pequeñas raíces. (Cronquist, 1984)

Las simbiosis micorrizicas no son unilaterales. El hongo absorbe azúcar del huésped, y otros factores tales como vitamina B, cetoácidos y aminoácidos. Por otra parte, la absorción de minerales por las raíces se incrementa considerablemente por la presencia de micorrizas, tal vez debido a cambios de permeabilidad normal de muchos árboles. Aunque inicialmente se pensó que

funcionaban sólo como órganos para el suministro de nutrimentos de la planta huésped. Por los trabajos realizados por el fisiólogo canadiense U. Slankisse obtuvo que la planta huésped recibe también hormonas del crecimiento (tales como auxinas y citocininas) del hongo simbiótico. Este exceso de hormonas afecta profundamente no solo la apariencia externa sino también la morfología interna de las raíces. Ellas bien pueden ser responsables de una mayor eficiencia en la movilización y transporte de nutrimentos en la planta huésped. Asimismo, el color verde más intenso y la acentuada resistencia a la temperatura y la sequía de plantas con micorrizas pueden atribuirse al incremento en la concentración hormonal en la planta huésped. (Cronquist, 1984).

Las asociaciones micorrizicas pueden ser complejas y extensas involucrando más de un macrosimbionte. Se pensó originalmente que las plantas heterotróficas carecen de clorofila del género *Monotropa* (pipa de indio y otras) que vive en el suelo de bosques templados de coníferas, eran saprofitas.

Ahora se sabe que ellos obtienen su nutrición de los árboles vecinos mediante el paso de sales y carbohidratos vía hifas micorrizicas, las cuales están asociadas con sus propias raíces y las de los árboles cercanos (r.g.s Bidwell).

Las prácticas de cultivo tales como labranza, rotación de cultivos, y roturación pueden afectar las poblaciones de hongos micorrizicos en el campo. Donde es bajo o ineficaz el potencial nativo del inoculo, las estrategias de la inoculación pueden ser provechosas. Con el estado actual de la tecnología, la inoculación es la más factible para las cosechas de especies trasplantadas y de

las áreas donde el disturbio del suelo ha reducido grandemente el potencial nativo del inóculo. (Sylvia, 1990)

COMPOSTA

INCORPORACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA AL SUELO

INCIDENCIA DE LA MATERIA ORGÁNICA EN LA FERTILIDAD DE LOS CULTIVOS

El término de humus ha ido evolucionando a lo largo de la historia. En la antigüedad, el suelo se le llamaba humus. Posteriormente, decir humus y materia orgánica del suelo era lo mismo. Actualmente, humus es una parte de la materia orgánica del suelo, por ejemplo debido al hecho de que parte de la materia orgánica del suelo son seres vivos. Humus entonces se puede decir que son sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, alto peso molecular, naturaleza coloidal, muy resistentes al ataque por los microorganismos del suelo y con propiedades ácidas (Fernández. 2004).

LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

VENTAJAS DE LA INCORPORACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA EN EL SUELO

La materia orgánica del suelo se encuentra estrechamente relacionada con la productividad agrícola de este y las mejores condiciones físicas, químicas y microbiológicas para los cultivos son generalmente encontradas en suelos de alto contenido de materia orgánica. El origen de la materia orgánica es finalmente de las plantas y en pequeña proporción otros organismos como algunas algas y bacterias capaces de sintetizar productos orgánicos a partir de elementos inorgánicos y compuestos simples. Los materiales orgánicos producidos por las plantas son utilizados por una gran variedad de seres vivos y depositados en el suelo (Narro. 1986).

El empleo de materias orgánicas en agricultura, como método de mantenimiento y recuperación de la fertilidad de los suelos, es conocido desde tiempos pasados.

El descubrimiento de los abonos minerales, inicialmente probados sobre terrenos empobrecidos en elementos minerales, pero generalmente bien provistos de materia orgánica, llevó a la creencia de que su uso podría sustituir a los aportes orgánicos, con la evidente ventaja en el manejo de menores cantidades de un producto, además, menos oneroso.

En consecuencia, el empleo de la fertilización orgánica fue cayendo en desuso, manteniéndose casi con exclusividad en aquellas producciones altamente exigentes, como es el caso de ciertas hortalizas y siendo infrecuente en cultivos arbóreos (García. 2003).

EFFECTOS FÍSICOS

La mejora física del suelo se pone de manifiesto en dos facetas realmente significativas: la estructura y el color.

La estabilidad estructural del suelo se debe a la capacidad que tiene el "humus" par unir las partículas minerales del suelo, lo que ejerce sobre el terreno acciones positivas respecto a la porosidad y con ella a la circulación de aire y del agua, a la penetración radicular, etc. Esta agregación aligera los terrenos arcillosos y cohesiona los arenosos, adecua la permeabilidad al agua y al aire, facilita las labores, reduce la erosión, mejora el agarre de la planta al suelo y también el balance hídrico.

Sobre el color tiene también sus efectos positivos ya que al oscurecer el terreno facilita la absorción del calor por el mismo y su retención. En resumen puede afirmarse que la presencia de los niveles adecuados de materia orgánica, aumenta la capacidad calorífica del terreno, regula su temperatura y con ello las oscilaciones térmicas (Watts et al., 1996).

Según Muzilli. et al. (1980), Las propiedades físicas afectadas por la incorporación de materia orgánica son la estructural, la capacidad de retención de agua, la consistencia y la densidad, otras propiedades como la porosidad, la aireación, la conductividad, la hidráulica y la infiltraciones tan ligadas a la modificaciones de la estructura, este efecto depende circunstancialmente de la calidad y cantidad de materia orgánica incorporada, de los factores climáticos y de las características del suelo.

La estructura es de enorme trascendencia en la fertilidad del suelo y depende de la forma de agregación de las partículas del suelo y estas agregaciones son tanto mas positivas cuanto mas equilibrada es la presencia de materia orgánica humificada en el suelo. Pero es que además, la estructura conseguida con una correcta presencia de materia orgánica es mucho mas estable, es decir, que admite el laboreo sin sufrir modificaciones importantes en la misma, así como se muestra mas resistencia a las acciones de los agentes erosivos (Ledesma. et al., 1986).

EFFECTOS QUÍMICOS

Los efectos químicos de la materia orgánica sobre el suelo se ponen de manifiesto en la facilidad o dificultad de disponer de los nutrientes minerales.

El complejo arcillo – húmico es regulador del intercambio catiónico de un terreno y de él depende la cantidad de elementos (en estado de catión) que son

retenidos por el medio y puestos a disposición de la planta. Es característico de las sustancias húmicas su alta capacidad de intercambio entre ellos y la solución del suelo, por tanto además de facilitar la absorción favorece igualmente la retención (Voroney. et al., 1989).

Sobre el pH del suelo la materia orgánica actúa como estabilizador produciendo un efecto "tampón" o sea, evitando variaciones rápidas y significativas del mismo (Reeves. et al., 1997).

Finalmente, y aunque ello no es la acción más importante, está el efecto de aportación de nutrientes, tanto directamente, por efecto de su mineralización, como debido a la acción de los microorganismos y la acción arriba citada de regulación de la retención por el complejo arcilloso – húmico.

En especial es importante su acción como fuente de microelementos, hormonas y vitaminas para las plantas.

También es de importancia la capacidad de fijación por parte de las materias húmicas de ciertos cationes muy inestables formando humatos y quelatos que permite una mayor disponibilidad de los mencionados elementos por parte del cultivo (Resende. et al., 1995).

EFFECTOS BIOLÓGICOS

El aporte de materia orgánica supone una adición de alimentos y energía para los microorganismos y demás flora responsable de llevar adelante los ciclos

bioquímicos en la naturaleza, bien por la mejora de las condiciones físico - químicas del suelo o bien por el aporte de microorganismos beneficiosos en sí o por activación de los más favorables en detrimento de los patógenos. No obstante con la flora que se adiciona al terreno pueden entrar algunos macro y microorganismos indeseables (Resende. et al., 1995).

Los resultados obtenidos con los mejoradores orgánicos varían dependiendo del tipo y grado de descomposición del material utilizado. Un rastrojo fresco de cosecha no tendrá la misma velocidad de descomposición, ni los mismos efectos que un aporte de estiércol fresco o algún residuo orgánico previamente estabilizado, como lo es el bioabono (Kay y Angers. Etal., 2000).

Señaló que los últimos productos de transformación de la materia orgánica del suelo (sustancias húmicas) tienen un efecto pequeño pero a largo plazo en la estabilidad de agregados, mientras que residuos frescos, cuya descomposición genera polisacáridos como producto secundario, poseen un efecto mayor sobre la estabilidad, pero en el corto plazo. Sin embargo. Otros autores aseguran que los residuos frescos o descompuestos tienen un efecto variable sobre la estabilidad de los agregados en periodos de 15 y 18 años respectivamente (Gupta. et al., 1987).

ACCIONES DE LA MATERIA ORGÁNICA

SOBRE EL SUELO

Según Narro (1986), Los principales efectos de la materia orgánica (hojarasca y humus) sobre las propiedades de los suelos y los cultivos son:

a) Favorece la formación de agregados y estructuración del suelo; debido a su acción cementante se incrementa la agregación de las partículas sólidas y se mejora la estabilidad estructural lo cual trae como consecuencia:

- Reducción en la densidad aparente y densidad de sólidos.
- Incremento en la porosidad total del suelo.
- Incremento en la aireación del suelo.
- Cambios en la característica de retención de humedad, generalmente incrementa la humedad disponible para las plantas y mejorando la eficiencia en el uso del agua.
- Cambios en la velocidad de infiltración del agua al suelo y en la conductividad hidráulica. En los suelos migajon arcilloso los valores de estos parámetros pueden reducirse poco tiempo después de la agregación e incorporación de la materia orgánica pero posteriormente aumentan.
- Disminuye la conductividad térmica del suelo, haciéndolo mas resistente a los cambios bruscos de temperatura.
- Disminuye la resistencia del suelo a la penetración de raíces.

b) La materia orgánica en la superficie produce los siguientes cambios:

- Oscurece el color del suelo, generando una mayor absorción de la energía radiante del sol.
- Amortigua el impacto de las gotas de lluvia y del viento, aumentando la resistencia a la erosión.
- Evita o reduce la formación de “costras”.
- Se usa como acolchado para reducir las pérdidas de agua por evaporación.

c) La materia orgánica es una fuente de nutrimentos para las plantas y de alimento para microorganismos y otros seres vivos del suelo.

Mejora la fertilidad natural del suelo cuando se maneja apropiadamente, aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo, eleva su capacidad amortiguadora de cambios en pH, forma compuestos orgánico – minerales que favorecen la adsorción de nutrimentos por las plantas, puede ser utilizada para reducir el contacto suelo – fertilizante en aquellos suelos donde exista problema de fijación de fósforo, hierro, etc.

d) La materia orgánica puede ser una fuente de sustancias fototóxicas. Algunos tipos de materia orgánica o productos derivados de ella pueden resultar perjudiciales para las plantas o para los microorganismos del suelo. Por otro lado, la adición de materiales orgánicos de alta relación C/N al suelo genera una inmovilización del nitrógeno disponible para las plantas y si se hace esto inmediatamente antes de la siembra, el cultivo se verá afectado negativamente. Los residuos de cosecha y otros materiales orgánicos del suelo

son a menudo utilizados por agentes patógenos y parásitos de los cultivos para invernar o pasar de un ciclo de cultivo al siguiente.

Según Guérif et al. (2001), la no presencia de materia orgánica en el suelo conduce a un deterioro de sus propiedades físico-químicas, mayor erosionabilidad, con la consiguiente pérdida de productividad a medio y largo plazo. Por lo tanto, la aplicación de materia orgánica en el suelo está sobradamente justificada. Entre los efectos indirectos de las sustancias húmicas sobre la planta hay que incluir los efectos que provoca ésta en el suelo:

- Aporte de nutrientes minerales a las raíces.
- Mejora de la estructura del suelo.
- Aumento de la actividad microbiana del suelo.
- Aumento de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) y de la capacidad tamponante del suelo a nivel de pH.
- Formación de complejos estables con cationes polivalentes y aumento así de la disponibilidad de micronutrientes para las plantas.
- Aporte de sustancias húmicas que actúan como transportadores de nutrientes.
- Facilitar el calentamiento del suelo debido a que lo oscurecen.
- Afectar a la bioactividad, persistencia y biodegradabilidad de plaguicidas por combinarse con ellos.
- Pero debemos tener en cuenta que para conseguir estas propiedades debemos aportar grandes cantidades de materia orgánica y de buena calidad.

SOBRE LA PLANTA

Las sustancias húmicas presentan efectos fisiológicos en la planta. Esto implica que la planta absorbe dichas sustancias. Los ácidos húmicos se desplazan a la parte aérea en menor cantidad que los fúlvicos siendo estos últimos los que la planta absorbe mejor (Mrabet, 2002).

Las sustancias húmicas ejercen un efecto favorable sobre la toma y contenido de nutrientes. Para algunos elementos como el cloro, la adición de sustancias húmicas tiene efectos inhibidores por lo que puede contrarrestar los síntomas de salinidad. Pueden influir directamente en la toma de micronutrientes debido a su capacidad de formar complejos con determinados cationes como hierro, manganeso, zinc, etc. Aumentan la solubilidad del hierro en la disolución del suelo y mejoran su translocación en el interior de la planta.

CONTENIDO DE AGUA EN EL SUELO.

EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO SE PUEDE EXPRESAR COMO:

$$\text{Humedad gravimétrica (\%)} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco}} \times 100$$

Que se define como la relación entre la masa de agua de un suelo y la masa del suelo mismo. La cual se puede relacionar con

$$\text{Humedad volumétrica } (\theta_v) = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Volumen total del}} \times 100$$

Que se define como la relación entre el volumen de agua (Va) y el volumen total o aparente del suelo (Vt) una vez seco.

Las dos anteriores se relacionan mediante la expresión

$$\rho (\theta_g) = (\theta_v)$$

El contenido de agua se expresa frecuentemente en riegos como altura de lámina de agua, es decir, en volumen por unidad de superficie. Las unidades más frecuentes son el [mm] y el [m³/ha], entre los que existe la relación:

$$1\text{mm} = 10\text{m}^3/\text{ha}$$

La relación entre la altura de agua (h), la profundidad del suelo (p) y la humedad volumétrica (θ_v) es la siguiente:

$$h = (\theta_v) * p$$

POTENCIAL DEL AGUA EN EL SUELO

.

Para la extracción de agua por las plantas, reviste más importancia que el contenido de humedad del suelo, la energía con que esta agua está retenida.

El agua del suelo está sometida a diversas fuerzas mismas que tienden a retenerla o a expulsarla. El potencial hídrico representa la energía necesaria para separar la unidad de peso, de masa o de volumen de agua de la matriz del suelo.

Y la cual es función sw:

- Las variaciones de potencial y no de los valores absolutos.
- Del inverso del gradiente de potencial o sea de mayor a menor potencial.
- El potencial a su vez es función del trabajo por unidad de masa (normalmente ergio/gramo) o como trabajo por unidad de volumen, es decir, como una presión

Es más sencillo abstraer la relación entre el potencial y la presión lo que permite una más fácil comprensión del estado del agua en el suelo. El agua está sometida a una presión que tiene varios componentes, unos que tienden a expulsar el agua del suelo (presión positiva) y otros que tienden a retenerla (presión negativa). La suma algebraica de estos componentes es el potencial total, y el agua del suelo tenderá a desplazarse desde los puntos de mayor

potencial a los de menor potencial.

COMPONENTES DEL POTENCIAL HÍDRICO DEL SUELO

Los componentes del potencial hídrico son los siguientes:

ψ_{μ} = Potencial mátrico, ψ_0 = Potencial osmótico ψ_{γ} = Potencial gravitacional ψ_{π} = Potencial de presión

El potencial mátrico (ψ_{μ}) sólo se presenta en suelos subsaturados, siendo nulo en suelos saturados, y se debe a los mecanismos de retención del agua en el suelo (fuerzas capilares de atracción entre moléculas de agua y de suelo, es decir, fuerzas de adhesión y cohesión). Su valor siempre es **negativo**, ya que la presión que origina se opone a la expulsión de agua del suelo. Cuanto más seco está un terreno, mas bajo es el potencial mátrico y mayor será la presión necesaria para extraer agua.

El potencial osmótico (ψ_0) se debe a las diferencias de concentración a ambos lados de una membrana semipermeable (membranas celulares de las raíces), produciéndose un flujo de agua hacia la solución más concentrada

(xilema). Este potencial es siempre **negativo**.

El potencial gravitacional (ψ_g) se debe a la altura geométrica del punto considerado respecto al plano de referencia, coincidiendo su valor con esta distancia.

*1 bar = 10^5 Pa = 10^5 N/m² = 1 atm = 10 m.c.a 1 bar = 100 Julios/Kg (Julio=Nm)

1 cbar = 10 cm.c.a

El potencial de presión (ψ_p) sólo aparece en suelos saturados y se debe a la presión ejercida por el agua que satura el suelo sobre el punto considerado. Su valor es siempre **positivo**, valiendo $\psi_p = 0$ en suelos subsaturados.

>■ Entonces, ψ_μ y ψ_π son excluyentes:

> Suelo saturado: $\psi_\mu = 0$, $\psi_\pi > 0$

> Suelo subsaturado: $\psi_\mu < 0$, $\psi_\pi = 0$

> Se entiende por POTENCIAL HIDRÁULICO (ψ_H) a la suma de los potenciales mátrico y gravitacional, y el agua se mueve en el suelo en el sentido de los potenciales hidráulicos decrecientes.

$$\psi_H = \psi_m + \psi_g$$

CURVAS CARACTERÍSTICAS DE HUMEDAD.

(CURVAS DE RETENCIÓN DE HUMEDAD)

Para un mismo contenido de humedad, los distintos suelos retienen el agua con distinta energía, es decir, la relación humedad-potencial mátrico ($\theta_v - \psi_m$) varía para cada tipo de suelo. La representación gráfica de esta relación se conoce como curva característica de humedad o curva de retención de humedad.

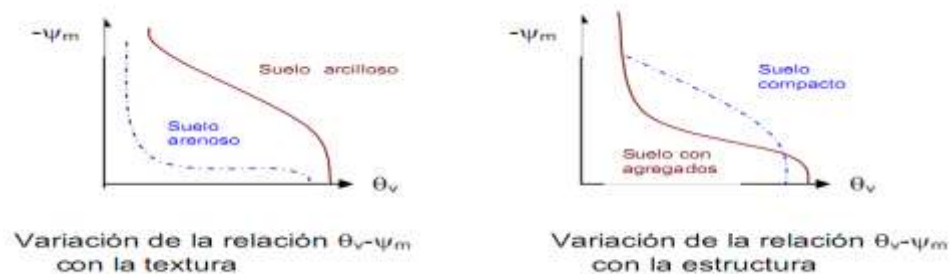


Figura 2.1 curvas de retención de humedad

La textura influye de forma muy importante en la capacidad de retención de agua en los suelos. Para un mismo peso de suelo, las arcillas presentan una superficie mucho mayor que las demás partículas minerales ($1000 \text{ cm}^2/\text{g}$ la arena gruesa frente a $800 \text{ m}^2/\text{g}$ la arcilla), y además presentan cargas negativas que se unen al polo positivo de las moléculas de agua estableciendo puentes de hidrógeno. En el suelo arcilloso, la variación del potencial mátrico es paulatina,

mientras que en el arenoso, cuando la humedad baja de un cierto valor, se produce un cambio brusco que corresponde al paso de macroporos a microporos.

Los suelos con buena estructura tienen una mayor porosidad y por tanto a saturación ($\psi_{\mu}=0$), contienen más agua.

Cuando el potencial mátrico se aproxima a cero ($\psi_{\mu}=0$), el efecto de la estructura domina sobre el de textura, y lo contrario ocurre para valores altos de ψ_{μ} .

HISTÉRESIS

Para un mismo valor de ψ_{μ} , la humedad del suelo es mayor durante el proceso de desecación que durante la humectación, es decir, que para un mismo valor de y_m existen dos contenidos de humedad, siendo mayor en el proceso de desecación que durante la humectación. Este fenómeno se denomina histéresis

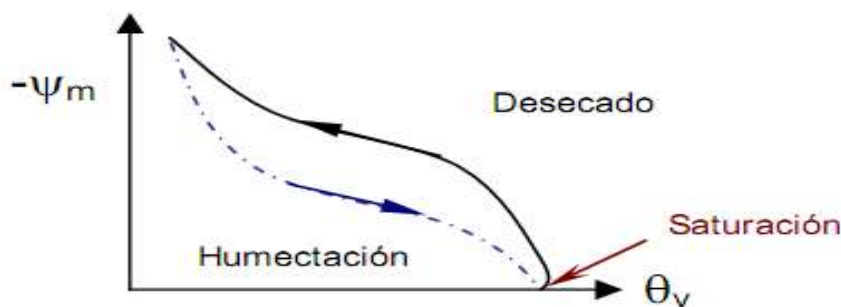


Figura 2.2 histéresis

IMPORTANCIA DEL AGUA PARA EN LAS PLANTAS:

El agua cumple dos funciones principales en las plantas:

1. Se encuentra formando parte de los tejidos de las células vegetales, aquí se denomina agua de constitución y corresponde a un 60-90% del peso de la sustancia vegetal.
2. Sirve como disolvente y transporte para las sustancias minerales (nutrientes) que son importantes para el desarrollo vegetal y se conoce como agua de vegetación.

OBJETIVOS DEL RIEGO:

Con el riego se pretenden los siguientes objetivos:

- I. Suministrar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen normalmente.
- II. Asegurar los cultivos contra sequías de corta duración.
- III. Disolver y lavar las sales en los suelos con este tipo de problema [Suelos Salinos (con sales solubles) en comparación con los suelos sódicos que tienen sales insolubles, para este tipo de suelos es necesario aplicar compuestos de calcio, como el carbonato de calcio o caliza que reemplazan

el sodio y forman entonces compuestos solubles; Se consideran suelos salinos cuando su conductividad eléctrica supera los 4 milimohs o tiene un P.S.I. superior al 15%].

- IV. Preparar el suelo de forma adecuada para que se puedan hacer labores de labranza.
- V. Facilitar algunas labores culturales como el control de malezas, fertilización del suelo y labores de labranzas.
- VI. Refrigerar el suelo y la atmósfera para que las especies vegetales se desarrollen mejor.

III Materiales y Métodos

LOCALIZACION GEOGRAFICA

El presente trabajo de evaluación se llevó a cabo en el campo experimental de Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). Las coordenadas geográficas que la delimitan son: 100° 59' 57" de longitud oeste, 25° 23' 42" de latitud norte y una altitud de 1743 msnm, El suelo presente es franco arcilloso (40% de arena, 29% de limo y 31% de arcilla).

CLIMA

De acuerdo a la clasificación climática de Koppen, modificada por García (1973), El clima de Buenavista es "Bsohw" el cual significa que es árido, semicálido, con régimen de lluvias en verano e invierno seco extremoso.

TEMPERATURA

La temperatura media anual es de 19.8 °C, con precipitación media anual de 455 milímetros, la evaporación media annual oscila entre los 1956 mm. Los vientos predominantes tienen una dirección noreste, con velocidades de 22.5 km/hr (González, 1999).

MATERIALES UTILIZADOS:

- Tractor John Deere 6403
- Sembradora John Deere 8200 de grano fino
- Arado de tres discos
- Rastra de levante a los tres puntos
- Avena forrajera
- Micorrizas
- Composta Miyaorganic
- Algaenzimas
- Estufa de secado

DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se estableció bajo un arreglo estadístico en bloques al azar

PREPARACION DEL TERRENO

Con el sistema de labranza convencional (arado de discos y rastra).

PARCELA EXPERIMENTAL

Las parcelas pequeñas fueron tres franjas con su respectivo mejorador cada una (Micorrizas, Composta Miyaorganic y Algaenzimas) y la parcela testigo sin mejorador; cada tratamiento mejoradores fue repetido tres veces. Se estableció el cultivo de avena forrajera (Avena Sativa).



Figura 3.1 localización geográfica

APLICACIÓN DE PRODUCTOS

- Algaenzimas 1 lts/ha
- Composta aplicada 2 ton/ha
- Micoriza utilizada 1kg/HA

Los productos se aplicaron antes de la siembra



Figura 3.2 aplicación de productos

PERIODO DE SIEMBRA

En trabajo se realizo el 12 de diciembre del 2010 y se termino el 3 de abril del 2010

COSECHA

La cosecha se realizo en el mes de abril con un corte sola mente

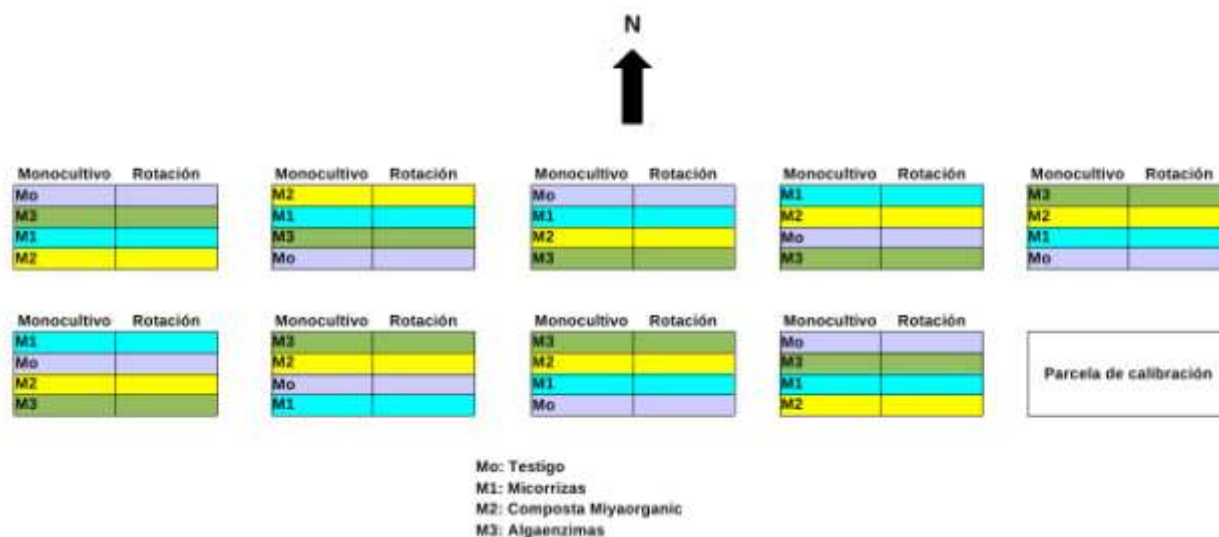


Figura 3.3. Establecimiento de las parcelas y sus tratamientos.

DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO Y SECADO DE MUESTRAS

Cuando el cultivo estuvo listo para cosecharse como forraje, se recogieron muestras de las parcelas las cuales se sometieron a deshidratación en la estufa de secado a una temperatura de 80 °C hasta perder la humedad del material y el peso fuera constante mismo el cual se tomó como peso de materia seca del

cultivo, posteriormente se procedió a determinar el rendimiento en toneladas por hectárea con respecto a los mejoradores utilizados y compararlos con el testigo.

CÁLCULO DE LÁMINA DE RIEGO

En una agricultura eficiente, y con altos rendimientos, la buena utilización del recurso hídrico es fundamental para la producción de los cultivos. Por esta razón, es imprescindible el conocimiento acabado de las fuentes, calidad y disponibilidad del agua, y sobre todo, su efecto en el crecimiento y productividad del cultivo.

El riego es importante en aquellas zonas en la cual la distribución de lluvias es mala o en las siguientes situaciones:

1. Poca lluvia anual
2. Mala distribución de la lluvia, o lluvia mal repartida a lo largo del año

$$VA = Tr * Q$$

Dónde:

VA: Volumen de agua aplicado

Tr: Tiempo de riego

Q: Gasto

$$Lr = VA/S$$

Dónde:

Lr: Lámina de riego

S: Superficie

Teniendo:

Tr: 5 horas

VA: 279.7563 m³

S: 4375 m²

Despejando 'Q' de la fórmula tenemos:

$$Q = VA/TR$$

Q= 55.9512 m³/hr

Sustituyendo para la fórmula de Lámina de riego:

$$Lr = (279.7563 \text{ m}^3)/(8,750 \text{ m}^2)$$

$$Lr = 0.063944 \text{ m}$$

La lámina de riego está calculada sólo para la mitad del terreno, por lo que el resultado se multiplica por dos para obtener la lámina total del terreno que en superficie real es 8750 m².

$$Lrr = (0.063944\text{m}) * 2$$

$$Lrr = 0.127888 \text{ m}$$

La lámina de riego real es 0.127888 metros y en centímetros son 12.7888 lo que nos indica que tenemos una buena aplicación de riego en el campo experimental.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

De las variables evaluadas se obtuvieron los siguientes resultados :

RENDIMIENTO

En la realización del análisis de varianza para la variable de rendimiento por hectárea se obtuvo que no hubo una diferencia significativa entre tratamientos. En la comparación de medias realizada no hubo diferencia significativa entre tratamientos con lo que nos indica que los resultados en los diferentes tratamientos fueron similares.

En los siguientes cuadros, se muestra que el mayor rendimiento obtenido correspondió al tratamiento cuatro (Algaenzimas - (M3)), seguido del testigo (M0) y por último los mejoradores tres (Composta Miyaorganic - (M2)) y dos (Micorriza - (M1)) muestran rendimientos similares.

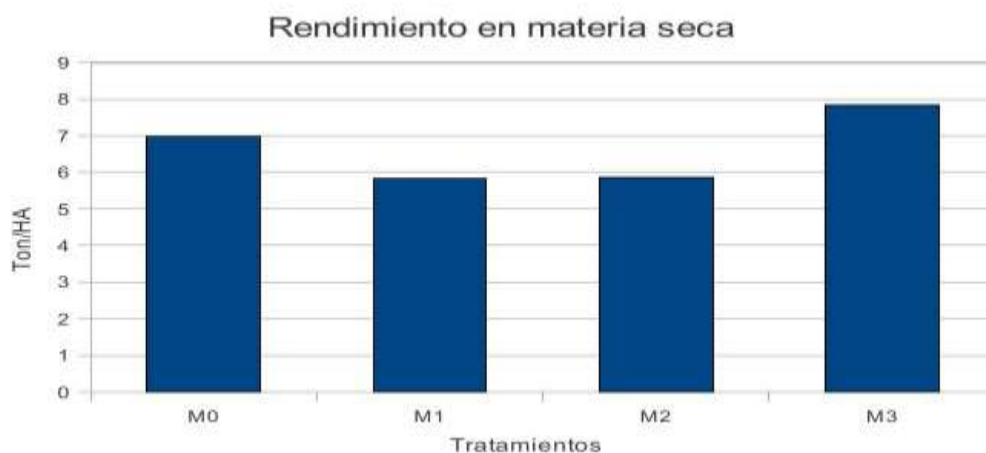
Los datos se analizaron estadísticamente en Minitab 15 obteniendo el siguiente análisis de varianza:

ANOVA unidireccional: Rendimiento vs. Tratamiento

Fuente	GL	SC	MC	F	P
<i>Tratamiento</i>	3	24.5	8.2	0.51	0.677
<i>Error</i>	32	510.1	15.9		
<i>Total</i>	35	534.6			

Tabla 4.1 fuentes de variación

Nota: Como se puede apreciar en el análisis de varianza no se observa diferencia significativa entre tratamientos ($P\text{-valor} > 0.5\%$). En el gráfico de caja de rendimiento se puede observar como las algaenzimas tienen influencia positiva en el rendimiento



Grafica

4.1

rendimiento de materia seca respecto a los tratamientos

Datos numéricos de rendimiento en materia seca para los diferentes mejoradores

Mejorador	Rendimiento en materia seca (Ton/Ha)
<i>M0 (Testigo)</i>	6.68
<i>M1 (Micorriza)</i>	5.83
<i>M2 (Composta)</i>	5.87
<i>M3 (Algaenzimas)</i>	7.82

Tabla 4.2 rendimiento de materia seca ton/ha con respecto a los mejoradores

VARIACION DE LOS CONTENIDOS DE HUMEDAD

En el cuadro siguiente se muestra que hay una variación positiva de los contenidos de humedad bajo los tratamientos realizados con las algaenzimas los cuales muestran valores en humedad total aprovechable de 18.4 a 19.5 % en contenido volumétrico y los valores de humedad fácilmente aprovechable varían desde 9.2 a 9.75 % cm^3/cm^3

Mejorador	Capacidad de campo CC % (cm^3/cm^3)	Punto de marchitez permanente PMP % (cm^3/cm^3)	Humedad Total aprovechable HTA	Humedad Fácilmente aprovechable HFA
<i>M0 (Testigo)</i>	32.3	13.8	18.5	9.25
<i>M1 (Micorriza)</i>	32	13.6	18.4	9.2
<i>M2 (Composta)</i>	33.7	14.5	19.2	9.6
<i>M3 (Algaenzimas)</i>	34.3	14.8	19.5	9.75

Tabla 4.3 constantes de humedad con tratamientos de mejoradores

Es fácilmente detectable que las láminas de riego estimadas siempre estuvieron por encima de la humedad abatible potencial.

Los valores no muestran una diferencia significativa entre los tratamientos y rendimiento sin embargo, entre tratamientos y condiciones normales hay una diferencia bastante apreciable.

CONCLUSIONES

Los mejoradores de origen orgánico aumentaron en 24% en promedio la humedad fácilmente aprovechable

El rendimiento obtenido se incremento ligeramente en un 9%, lo cual puede parecer marginal, sin embargo, en extensión agrícolas grandes es una diferencia significativa.

Los mejoradores orgánicos de suelo es una técnica que ayuda además de mejorar las condiciones físicas de suelo, en la retención de humedad, con propósitos agrícolas.

Y el tratamiento que mejor se comporto fueron las algaenzimas pues se obtuvieron mayores rendimientos en materia seca.

Es necesario extender los estudios sobre mejoradores agrícolas para tener mayor precisión en el efecto de las variables sobre las ecuaciones que gobiernan los fenómenos de retención de humedad

RESUMEN

El presente trabajo de evaluación se llevó a cabo en el campo experimental de Buenavista de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Con el propósito de comparar los efectos que tiene los mejoradores de suelo micorrizas, algaenzimas y composta para aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo

El procedimiento experimental consistió en medir el rendimiento de materia seca como indicador de los tratamientos, el mejor tratamiento fueron las algaenzimas con humedad fácilmente aprovechable hfa del 9.75 % y rendimiento en materia seca 7.82 ton/hec

En general con respecto a la capacidad de retención de humedad fue aproximadamente el 10% y el efecto directo fue un cambio del 15% en la producción de biomasa del cultivo de la avena respecto a los mejoradores

PALABRAS CLAVE.- avena, mejoradores, retención, rendimiento, composta.

BIBLIOGRAFÍA

- Hook, J. E., and J. G. Gascho. 1988. Multiple cropping for efficient use of water and nitrogen. *In*: Hrgrofe, W.L. (Ed.). Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen. ASA Special Publication. American Society of Agronomy, Inc., Madison, Wisconsin, USA. 51: 7-20.
- Uribe, C. H., y J. L. Rouanet M. 2001. Efecto de tres sistemas de labranza sobre el nivel de humedad en el perfil del suelo. *Agricultura Técnica*. 62 (4): 555 – 564. Chile.
- McGarry, D., U.P. Pillai and M.V. Braunack. 2000. Optimizing soil structure condition of cropping without tillage. *In*: Morrison, J.E., (Ed.). Proceedings of the 15th International Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO-2000), Fort Worth, TX, USA.
- Venialgo, C. A., O. Ingaramo, I. Silva, M. F. Roldán, G. Banzhaf y C. Noemí. 2004. Índice de cono, humedad presente y densidad aparente en diferentes

labranzas y rotaciones. Resumen A-076. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Argentina.

- Corley, W. L. 1984. Soil Amendments at Planting. J. Environ. Hort. 2 (1): 27-30.
- Principios de hidrogeografía. Estudio del ciclo hidrológico. 2005. Serie de textos universitarios. Universidad Nacional Autónoma de México. Número 1. México D. F.
- García, I., J. A. Jiménez, J. L. Muriel, F. Perea y K. Vanderlinden. 2005. Evaluación de sondas de capacitancia para el seguimiento de la humedad de un suelo arcilloso bajo distintas condiciones y tipos de manejo. Estudios de la zona no saturada del suelo. 7: 101-107.
- Martínez, F. J., y A. Ceballos B. 2001. Diseño y validación de una sonda *TDR* para la medición de la humedad del suelo. Temas de investigación en zona no saturada. Salamanca España.
- Florentino, A. 2006. Métodos para medir el contenido de agua en el suelo. Revista Venezuelos. 14: 48-69.
- Rusell, R. 1977. Plant root systems. Londres. Mc Graw Hill. Chapter 5 and 6.
- Gregory, P. J. 2006. Plant Roots: Growth, Activity and Interaction with Soils. Blackwell Publishing. Oxford UK.

- De Roo, H. 1969. Tillage and root growth. *In*: Root Growth. London. 339-357.
- Hidalgo, I., y M. Candela. 1969. Morfología radicular de la vid. INIA. Madrid. Página 101.
- Martínez J., M. Milera, V. Remy, I. Yepes y J. Hernández. 1989. Método ágil para estimar la disponibilidad de pasto en una vaquería comercial. Pastos y forrajes. 13 (1): 102-110. Matanzas, Cuba.
- López D. J. E., A. González R., O. P. Vázquez Y. 2008. Revisión de métodos no destructivos de estimación de biomasa aérea en pastos. Producción vegetal. 315-321. Coruña, España.