

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS REGULADORES DE
CRECIMIENTO (ZOBERAMINOL Y BTA) EN LA PRODUCCION
DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO.”**

TESIS

MIGUEL ANGEL LOPEZ MORALES

ABRIL DE 2008

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

UNIVERSIDAD DE SONORA
DEPARTAMENTO DE AGRICULTURA Y GANADERIA

**“EFECTO DE LA APLICACIÓN DE LOS REGULADORES DE
CRECIMIENTO (ZOBERAMINOL Y BTA) EN LA PRODUCCION
DE FORRAJE VERDE HIDROPONICO.”**

TESIS

MIGUEL ANGEL LOPEZ MORALES

ABRIL DE 2008

**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE DOS REGULADORES DE CRECIMIENTO
(ZOBERAMINOL Y BTA) EN LA PRODUCCION DE FORRAJE VERDE
HIDROPONICO**

TESIS

**Sometida a la consideración del
Departamento de Agricultura y Ganadería.**

de la

Universidad de Sonora

por

Miguel Angel Lopez Morales

**Como requisito para obtener
el titulo de Ingeniero Agronomo
con Especialidad en Zootecnia**

Abril de 2008

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del consejo particular, aprobada y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

INGENIERO AGRONOMO
ESPECIALIDAD EN ZOOCENIA

CONSEJO PARTICULAR

DIRECTOR:



ING. FRANCISCO RIVERA VELEZ

ASESOR:



ING. EDUARDO RIVERA MARRUFO

ASESOR:



M.S. DIEGO VALDEZ ZAMUDIO

AGRADECIMIENTOS

A DIOS: Le doy gracias por terminar mi carrera.

A MIS PADRES: Miguel Ángel López Bustamante y a mi madre Virginia Morales Carranza. Por su gran apoyo moral, económico y su constante motivación.

A MIS HERMANOS: Nadia Mellissa López Morales y José Alonso López Morales por su gran ayuda y motivación

A MI ESPOSA: Ana Cecilia Andrade de López por apoyarme.

A MI DIRECTOR DE TESIS: M.C. Francisco Rivera Veles. Por su incondicional y esmerada dedicación durante la realización de esta tesis.

A MIS ASESORES: Ing. Eduardo Rivera Marrufo, M.S. Diego Valdez Zamudio; Por su participación y dedicación en este trabajo.

A MIS MAESTROS: José Ávila, René Molina, Jorge Sánchez, Jesús Anaya, José Ávila, José León, por su amistad y apoyo que siempre me brindaron.

AL PERSONAL DE LA BIBLIOTECA Y AREA DE COMPUTO: Por su gran apoyo y valiosa participación durante la búsqueda de información para la realización de esta tesis.

A: Todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización de esta tesis

A Todos ellos: Gracias.

DEDICATORIA

A MIS PADRES: Miguel Ángel López Bustamante y a mi madre Virginia Morales Carranza, por haberme brindado su confianza y apoyo en esta etapa de mi vida por inculcarme los valores mas importantes que hace del hombre un ser útil para así mismo y para la sociedad.

A MIS HERMANOS: Nadia Mellissa López Morales y José Alonso López Morales, quienes me han motivado para ser una mejor persona y así mismo crecer como hermano e hijo.

A MI ESPOSA: Ana Cecilia Andrade de López por darme el apoyo en esta etapa tan importante en mi vida.

A MIS ABUELOS: Por haberme dado los mejores consejos y motivaciones.

A MIS COMPANEROS DE GENERACION: Diana Mc Caughey Espinoza, Marco Antonio Guzmán, Arturo García, Roberto Carranza, Ricardo Ibarra, Juan Navarro, Luis Valdez, Carlos Ochoa y David Retes.

A MIS GRANDES AMIGOS: José Luis Rodríguez, Sergio Nájera, Gabriela Vásquez, Leonardo Bramvila, Aarón Francisco López, Carlos Leyva, Luis Alejandro Andrade, Alberto Flores Melendrez, José Ángel Andrade y Héctor Manuel Zatarain.

CONTENIDO

	Pág.
CUADROS Y FIGURAS	<i>vi</i>
RESUMEN	<i>viii</i>
INTRODUCCION	1
LITERATURA REVISADA	3
Ventajas del forraje verde hidropónico	7
Desventajas del forraje verde hidropónico	13
Factores que influyen en la producción del forraje verde hidropónico	17
Calidad de la semilla	17
Calidad del agua	17
Riego	17
Iluminación	18
Temperatura	18
Humedad	18
pH	19
Conductividad Eléctrica	19
Fuentes de nitrógeno	19
Solución Nutritiva	19
Fertilización en la producción de forraje verde hidropónico	19
Preparación de Solución nutritiva	20
MATERIALES Y METODOS	21
Ubicación del experimento	21
Desarrollo del experimento	21
Selección de la semilla	21
Lavado de la semilla	22
Remojo y germinación de la semilla	22
Dosis de siembra	23
Siembra de las bandejas	23
Riego de las bandejas	24
Riego con solución nutritiva	25
Cosecha y rendimientos de forraje germinado	26
Tratamientos a evaluar	26
Tres reguladores de crecimiento	26
Parámetros a evaluar	26
RESULTADOS	27
DISCUCIONES	32
CONCLUSIONES	33
RECOMENDACIONES	35
LITERATURA CITADA	36

CUADROS Y FIGURAS

		Pág.
Cuadro 1	Consumo de agua para la Producción de forraje verde hidropónico en condiciones de campo	7
Cuadro 2	Dosis de forraje verde hidropónico recomendadas según especie animal	9
Cuadro 3	Comparación entre las características del forraje verde hidropónico y otras fuentes alimenticias	10
Cuadro 4	Comparación de costos totales de forraje verde hidropónico frente a forrajes convencionales en semillas utilizadas en el proyecto para obtener kg de materia seca	13
Cuadro 5	Composición para una solución nutritiva apta para forraje verde hidropónico	19
Cuadro 6	Solución concentrada A	20
Cuadro 7	Solución concentrada B	20
Cuadro 8	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura de la avena	27
Cuadro 9	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca de la avena	27
Cuadro 10	Porcentaje de recuperación de materia seca de avena con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	27
Cuadro 11	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en avena	27
Cuadro 12	Producción de forraje fresco de avena con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	28
Cuadro 13	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de altura del trigo	28
Cuadro 14	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca del trigo	28
Cuadro 15	Porcentaje de recuperación de materia seca de trigo con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	28
Cuadro 16	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en trigo	28
Cuadro 17	Producción de forraje fresco de trigo con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	29
Cuadro 18	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura del maíz	29
Cuadro 19	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca del maíz	29
Cuadro 20	Porcentaje de recuperación de materia seca en maíz con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	29

Cuadro 21	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en maíz	29
Cuadro 22	Producción de forraje fresco en maíz con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	30
Cuadro 23	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura del triticale	30
Cuadro 24	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca del triticale	30
Cuadro 25	Porcentaje de recuperación de materia seca del triticale con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	30
Cuadro 26	Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en triticale	30
Cuadro 27	Producción de forraje fresco de triticale con la aplicación de dos reguladores de crecimiento	31
Figura 1	Utilización de sanita como precursora del sistema radicular para forraje verde hidropónico	4
Figura 2	Instalaciones en desuso	8
Figura 3.-	Instalación de 4 niveles en invernadero con condiciones semi controladas	8
Figura 4	Consumo de forraje verde hidropónico por equinos a 10 días de germinación	10
Figura 5	Infestación de hongo por mal manejo de factores ambientales	11
Figura 6	Instalación de forraje verde hidropónico en condiciones semi controladas	15
Figura 7	Tratamiento con cloro a la semilla en solución al 10 %	22
Figura 8	Semilla en remojo con reguladores de crecimiento	23
Figura 9	Densidad de siembra en charolas de 50 x 25 cm	23
Figura 10	Distribución de semilla tratada utilizando sanita para el sistema radicular	24
Figura 11	Irrigación por micro aspersor durante la etapa de germinación	25
Figura 12	Aplicación de solución nutritiva a través de mochila de mano	25

RESUMEN

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental, ubicado en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Se efectuaron siembras de forraje germinado en infraestructura de invernadero con factores semi controlados en semillas de avena, trigo, maíz y triticale con el objetivo de obtener una biomasa limpia y sana con valor nutritivo y a bajo costo para la disponibilidad del forraje proporcionado a la alimentación animal, utilizando como tratamiento la aplicación de 2 reguladores de crecimiento para las 4 especies los cuales fueron: ZOBERAMINOL T4 y BTA.

El método de siembra de forraje verde hidropónico fue manual en charolas de 50x25 cm. Sustituyendo al suelo fértil por la utilización de sanitas para el sistema radicular y se aplicaron riegos por sistema de micro aspersión. La fecha del proyecto abarcó a partir del 6 de Junio del 2007 al 9 de Marzo del 2008. El diseño experimental fue completamente al azar con 2 tratamientos y 6 repeticiones para cada parámetro a evaluar, las cuales fueron: altura, materia seca, recuperación, proteína y producción total de materia seca. En las 4 especies, estadísticamente no existió diferencia significativa entre los 2 tratamientos. El ciclo de crecimiento del forraje durante el proyecto fue en un periodo de 9 a 15 días de cosecha para su posterior evaluación.

El error experimental se presento muy alto en todas las variables al correr en el sistema SAS, aunque la especie del maíz se adapto mejor al manejo del forraje en invernadero; presentando un mejor rendimiento en materia seca y altura considerando las características de las especies restantes. La avena en cuanto a niveles de recuperación del ciclo de crecimiento reporto mas alto índice, los tratamientos no fueron significativos. El trigo y triticale obtuvieron mayor porcentaje de proteína considerando que su recuperación se redujo considerablemente.

PALABRAS CLAVE: Hidroponía, Forraje Verde, Forraje.

INTRODUCCION

En innumerables ocasiones han ocurrido pérdidas importantes de ganado y de animales menores (como ovinos y caprinos) como consecuencia de déficit alimentario o falta de forraje, henos, ensilajes o granos para la nutrición animal.

Los fenómenos climáticos adversos tales como las sequías prolongadas han venido incrementando su frecuencia muy significativamente en los últimos años, afectando negativamente la producción o inhibiendo el acceso al forraje producido en forma convencional para la alimentación animal.

Así mismo el frecuente anegamiento de los agostaderos por exceso de deteriorización, limita por periodos prolongados la disponibilidad de alimento verde fresco por parte de los animales causando en general alta mortalidad, pérdidas de peso y de producción.

En el estado de Sonora, al igual que en otros estados de la república mexicana, es evidente el problema de la sequía ya que durante los meses de Enero a Junio la baja precipitación de lluvia es evidente y el ganado no dispone de forraje verde para su alimentación, incluso se llega al grado que, en ocasiones, no tiene agua ni para beber. Actualmente, las 18,493,400 hectáreas de agostadero dedicadas a la producción animal en el Estado de Sonora, se encuentran seriamente deterioradas y su alto potencial productivo ha bajado considerablemente.

Frente a estas circunstancias de déficit alimenticio surge como una alternativa y suplementación válida, la implementación de un sistema de producción de Forraje Verde Hidropónico (FVH).

El producir alimento de bajo costo se ha convertido en un problema para la ganadería.

Los esquilmos agrícolas y los alimentos balanceados son costosos y se tiene que ir a lugares lejanos para comprarlos y transportarlos. Una solución a este problema para animales omnívoros y herbívoros puede ser el grano germinado, ya que este lo pueden obtener los productores de sus propias cosechas aprovechando el grano y dándole valor agregado.

El forraje verde hidropónico es un sistema de producción de biomasa vegetal, de alta calidad nutricional obtenida muy rápidamente (9-15 días), en cualquier época del año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello. El forraje verde hidropónico representa una alternativa de producción de alimento, para la alimentación de ganado lechero y de carne, corderos, cabras, terneros, caballos de carreras, otros rumiantes, conejos, pollos, cerdos, gallinas ponedoras, patos y especialmente útil durante periodos de escasez de forraje verde.

Por lo anteriormente expuesto, los objetivos de este trabajo fueron:

- 1.- Obtener rápidamente, a bajo costo y en forma sostenible, una biomasa vegetal sana, limpia y de alto valor nutritivo para la alimentación animal.
- 2.-Obtener un alto porcentaje y mayor precocidad de germinación, con la aplicación de dos reguladores de crecimiento en las especies de maíz, trigo, avena y triticale.

LITERATURA REVISADA

El Forraje Verde Hidropónico (FVH) es una tecnología de producción de biomasa vegetal obtenida a través del crecimiento inicial de las plantas en los estados de germinación y desarrollo temprano a partir de semillas viables (9 a 15 días) captando energía del sol y asimilando los minerales contenidos en una solución nutritiva; dependiendo a las especies a las que queramos alimentar en cualquier época de año y en cualquier localidad geográfica, siempre y cuando se establezcan las condiciones mínimas necesarias para ello (Izquierdo, 1998). La tecnología de FVH es complementaria y no competitiva. Puede ser utilizado para otras especies como las aves donde el forraje germinado debe ser picado antes de su consumo (FAO, 2005).

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer los forrajes y la composición de ellos. Este trabajo sobre los constituyentes de los forrajes comenzó en el año de 1600; no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia, los jardines flotantes de los aztecas en México y los de China imperial, son ejemplos de cultivos Hidropónicos (Howard, 2005).

Los cultivos hidropónicos pueden ser definidos como la ciencia del crecimiento de las plantas sin utilizar el suelo, sustituyendo este por un material inerte, tal como la sanita, arena, aserrín, etc., a los cuales se añade una solución nutritiva que contenga todos los elementos esenciales necesarios por la planta para su normal crecimiento y desarrollo (Arano, 1998).



Figura 1.- Utilización de sanita como precursora del sistema radicular para FVH

En tiempos de adversidad, nacen muchas ideas y la fabricación de forraje es una opción. Los proyectos de esta explotación han sido diseñados y desarrollados para vencer las sequías y mala condición de potreros que ha defendido a productores de la quiebra (Campillo, 2000).

Los cultivos hidropónicos han llegado a ser una realidad para los productores de ganado u otros animales a nivel invernadero, virtualmente en todas las áreas climáticas con altas temperaturas existiendo grandes instalaciones a través del mundo (Izquierdo, 2002).

La hidroponía es una ciencia joven, habiendo sido usada bajo una base comercial desde hace 40 años; no obstante, aún en este relativamente corto período de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones. Para la producción de forraje verde hidropónico las principales restricciones son las fuentes de agua potable y nutrientes, aún que en áreas donde aquella no existe, el FVH puede ser utilizado con agua de mar por medio de la desalinización (Thomas, 2004). El gran incremento de las cosechas del cultivo hidropónico frente a las convencionales es producido normalmente por diversos factores. En algunos casos el suelo puede carecer de nutrientes o tener una estructura pobre; de

esta manera, el forraje sin suelo sería muy beneficioso. La presencia de insectos o enfermedades en el suelo reduce considerablemente las producciones de forma natural. Bajo las condiciones de invernadero, las condiciones ambientales son similares para ambos cultivos, con o sin suelo (Arano, 1998).

El FVH consiste en la germinación de granos (semillas de cereales o de leguminosas) y su posterior crecimiento para un forraje alimenticio disponible en la dieta del animal (Izquierdo, 2002).

La mayor desventaja del forraje hidropónico es el elevado costo de inversión al inicio del proyecto, aunque realizando un buen control de trabajo, las utilidades se reflejan con el resultado del proceso de germinación. Las ventajas del forraje hidropónico frente al convencional son una mayor eficiencia en la regularización de nutrición, su posibilidad de empleo en regiones del mundo que carece de tierras cultivables, una utilización más eficiente del agua y fertilizantes con un fácil costo de desinfección del medio, con una mayor necesidad de plantación que nos conduce en la práctica a un incremento de cosecha por hectárea en esta labor (Sánchez, 2004).

Una experiencia nacional de Australia nos relata como se eludió el problema para mantener el ganado vivo y saludable durante la cual convirtió un distrito en un tazón de polvo a finales del último año.

Se proyectó una fábrica de forraje desarrollada por el Ing. Peter Brown, propiedad de 200ha con un rendimiento aproximado de 500kg de forraje por día. Por cada kg de semilla, se producen 7-10 kg de forraje verde comestible, con plantas que alcanzan 25-30 cm de altura antes de ser consumido con todo y raíces por los animales.

La fábrica de forraje opera en un régimen de siembra escalonada, produciendo alimento para el ganado en base diaria (Howard, 2005).

En la región de Culiacán Sinaloa es evidente el problema de sequía, zonas áridas con

bajas precipitaciones pluviales y un índice crítico de bajas producciones pecuarias. Desde tiempo atrás (15 años) hasta hoy, se ha venido investigando la manera de suplir alimento producido en forma convencional por un forraje fresco que cubra la necesidad y satisfacción de los productores de ganado que laboran en ese Estado. Se han difundido resultados preliminares de trabajos sobre producción de FVH realizado bajo condiciones semicontroladas con grano de maíz del cual se registraron que por cada Kg de semilla se incrementa de 6-10 veces el rendimiento de forraje fresco, con una altura promedio de 23 cm, con recuperación de 60% de materia seca, en un periodo de 7-12 días de germinación, provocando con esto la inducción de investigaciones intensas en esta actividad de forraje germinado. (Azarias, 2001).

Chihuahua al igual que otros estados de la república mexicana se ha incorporado a esta actividad de producción de FVH, utilizándolo en ganado lechero y ganado menor como borregas y cabras. Actualmente en la región de Delicias se realiza un proyecto de esta explotación producido bajo condiciones semicontroladas y en invernadero rústico, reportando resultados muy similares en ambas instalaciones. Se trabaja a la fecha con granos de trigo y avena; en el primero los datos procesados registran que por cada kilogramo de semilla aumentó de 7-9 veces su peso desde la germinación, con una altura promedio de 15 cm; la avena se presume que aumenta de 6-8 veces su peso en materia verde, con una altura promedio de 16 cm, cosechando ambos cultivos en un periodo de 9-15 días de germinados, registrando excelentes niveles de calidad y nutrición con un 59% de recuperación de materia seca, cubriendo necesidades e inquietudes de productores dedicados a la explotación ganadera (Rodríguez, 2003).

Durante el desarrollo de la fabricación de forraje, algunos tipos de granos fueron germinados, incluyendo cebada, sorgo y maíz, con resultados variados. Para los establos de ganado lechero, el sorgo provoco una perdida mortal en ganado lechero causado por taninos, mientras que la cebada mostró buenos resultados metabólicos. Las avenas probaron ser un grano con muy alto costo efectivo, requiere de razonables condiciones de frío y niveles relativamente bajos de luz (Azarias, 2001).

Las avenas se clasificaron como las más altas en proteínas y rivalizaron con el trigo como las más nutritivas de los granos. En las instalaciones de forraje, el nivel de proteína se elevó de 6% para grano a casi 17% para el forraje verde (Peña, 2004).

Ventajas del FVH

1.-Ahorro del agua.-En el sistema de producción de FVH las pérdidas de agua por evapotranspiración, escurrimiento superficial e infiltración son mínimas al compararlas con las condiciones de producción convencional en las especies forrajeras cuyo consumo oscila entre 270-635 litros de agua por kilogramo de materia seca. Alternativamente, la producción de 1 kilogramo de forraje verde hidropónico requiere de 2-3 litros de agua para un porcentaje de materia verde que varía dependiendo la especie forrajera, entre un 12-18%. Esto se traduce en un consumo total de 15-20 litros de agua por kilogramo de materia seca obtenida en 14 días (FAO, 2002).

Cuadro 1.-Consumo de agua para la producción de FVH en condiciones de campo.

Especies	Litros de agua / Kilogramos de materia seca (Promedio de 5 años)
Avena	635
Cebada	521
Trigo	505
Maíz	372
Sorgo	271

Fuente: (Izquierdo, 2002)

Esta alta eficiencia de FVH en el ahorro del agua explica porque los principales desarrollos de hidroponía se ha observado generalmente en las zonas desérticas, a la vez que vuelven atractiva a la alternativa de producción de FVH por parte de pequeños y medianos productores (Bravo.2000).

2.-Eficiencia en el uso del espacio.-El sistema de producción de FVH puede ser instalado en forma modular en la dimensión vertical lo que optimiza el uso del espacio útil.(FAO, 2002).



Figura 2.- Instalaciones en desuso



Figura 3.- Instalación de 4 niveles en invernadero con condiciones semicontroladas

3.- Eficiencia en el tiempo de producción.- La producción de FVH es apto para la alimentación animal tiene un ciclo de 10-12 días de germinación dependiendo la necesidad para su consumo (Izquierdo, 2002).

4.-Calidad de forraje para los animales.- El FVH es un succulento alimento, aproximadamente de 20 a 30 cm de altura (dependiendo del periodo de crecimiento) y de plena aptitud comestible para los animales. Su alto valor nutritivo lo obtiene debido a la germinación de los granos (Howard, 2005). En Caracas, Venezuela en el estable de ganado lechero: Santa María de Calita, se incrementa la producción de leche, aplicando en forma directa FVH a los animales durante la ordeña combinado con grano de maíz y sorgo obteniéndose buenos resultados y manteniendo el peso de vacas adultas con este sistema de gran ayuda a la explotación (Peña, 2004). Si bien es cierto que la calidad nutritiva de los diferentes forrajes cambia de acuerdo a diferentes factores, incluyendo la época de cosecha, edad, tipo, variedad, clima y manejo del cultivo, en el medio ganadero se conoce a la alfalfa como la reina de las forrajeras. . Es por esto que se presentan los valores de este forraje en relación a los encontrados en forraje verde hidropónico a partir de diferentes semillas; aquí es conveniente recordar que el más alto costo de una ración siempre está dado por el componente que aporta el mayor contenido de proteínas y en este caso el FVH constituye una proteína de bajo costo por lo que la ración resultará más

económica y además el animal la come con gusto. Cabe destacar también que el FVH cuenta con una buena cantidad de vitamina E y valores altos de pro vitamina A (FAO 2002).

Cuadro 2.- Dosis de FVH recomendadas según Especie Animal

Especie Animal	Dosis de FVH Kg por cada 100Kg de Peso vivo	Observaciones
Vaca lechera	1-2	Suplemento con paja de cebada y otras fibras.
Vacas secas	0.5	Suplementar con fibra de buena calidad
Vacunos de carne	0.5 - 2	Suplementar con fibra normal
Cerdos	2	Crecen mas rápido y se reproducen mejor
Aves	25 kg de FVH/ 100Kg de alimento seco	Mejoran el factor de conversión
Caballos	1	Agregar fibra y comida completa
Ovejas	1 – 2	Agregar fibra
Conejos	0.5 – 2	Suplementar con fibra y balanceados

Fuente (FAO, 2002).

En la actualidad las raciones alimenticias para especies pecuarias aumentan en forma considerable respecto al costo de su adquisición y disponibilidad; por lo que algunos productores necesitan auxiliarse de métodos y estrategias fuera de su rutina alimenticia para poder satisfacer su producción y rendimiento de la explotación pecuaria que ejercen. De esta manera, se podría decir que la producción de FVH es una opción infalible y no intenta competir con forrajes convencionales. Ante esta situación es valido mencionar que el FVH es un suplemento alimenticio y no una ración total en la dieta del animal (Cuadro 2).



Figura 4.- Consumo de FVH por equinos a 10 días de germinación

En general el grano contiene una energía digestible algo superior (3,300 Kcal/kg) al FVH (3,200 Kcal/kg). Sin embargo, los valores reportados de energía digestible de FVH son ampliamente variables.

Cuadro 3.-Comparación entre las características del FVH y otras fuentes Alimenticias

Parámetro	FVH	Concentrado	Heno	Paja
Energía (kcal/kg MS)	3.216	3.000	1.680	1.392
Proteína cruda (%)	25	30.0	9.2	3.7
Digestibilidad (%)	81.6	80.0	47.0	39.0
KcalDigestible/kg	488	2.160	400	466
Kg Proteína Digestible/tm	46.5	216	35.75	12.41

Fuente: (Izquierdo, 2001)

5.-Inocuidad.-El FVH representa un forraje limpio e inocuo sin la presencia de hongos e insectos. Nos asegura la ingesta de un alimento conocido por su valor alimenticio y su calidad sanitaria. A través del uso del FVH los animales no comerán hierbas o pasturas indeseables que dificulten o perjudiquen los procesos de metabolismo y absorción. Tal es el caso de un hongo que tiene por género *Penecillum* que aparece usualmente en el trigo. Así mismo en vacas lecheras muchas veces los animales ingieren malezas que transmiten a la leche sabores no deseables para el consumidor final o no aceptados para

la elaboración de quesos; tal es el caso que reportan en el rancho el “Las Posadas” ubicado en la región de Navolato, Sinaloa, donde se realiza un proyecto de esta explotación de forraje fresco; se han presentado altos índices de contaminación con un agente patológico del género *Ethertilius*, que se cree no causa perdida considerable al ganado en su ingesta de FVH, ni a los seres humanos en el consumo de leche y carne. Aunque el problema presente no ha sido obstáculo para la producción de forraje, actualmente se busca intensamente la solución del problema para ejercer correctamente la actividad en el rancho (Azarias, 2001).



Figuras 5.- Infestación de hongo por mal manejo de factores ambientales

6.-Diversificación e intensificación de las actividades productivas.-El uso de FVH posibilita intensificar el uso de la tierra. Se ha estimado que 170 metros cuadrados de instalaciones con bandejas modulares en cuatro pisos para FVH de avena, trigo y maíz equivalen a la producción convencional de 5 hectáreas (Izquierdo, 1998). El FVH no intenta competir con los sistemas tradicionales de producción de pasturas. Pero si es una suplementación valida especialmente durante periodos de déficit alimenticio (Howard, 2005).

7.-Alianza y enfoque comercial.- El FVH ha demostrado ser una alternativa aceptable

comercialmente, considerando tanto la inversión como la disponibilidad actual de tecnología y que el sistema puede ser puesto a funcionar en pocos días sin costos de iniciación para proveer urgentemente un complemento nutricional. También permite la participación en el mercado de insumos (forraje) que posibilitan generar alianzas o convenios con otras empresas de la producción de forrajes (Valdivia, 1997).

8.-No se depende tanto de fenómenos climatológicos. Las condiciones ambientales adversas como sequías, inundaciones, heladas y nevadas, no son factores climáticos que alteren el rendimiento y producción de forraje verde debido a que estas condiciones son controladas en instalaciones adecuadas para el sistema de FVH; y si añadimos la competencia y los precios bajos que se le paga al productor pecuario, hacen que sean necesario encontrar una fuente de pasto de alto contenido de proteína, abundante durante todo el año, sin importar las condiciones climáticas.(Arano, 2002).

9.-Evita la erosión del suelo. Básicamente no se necesitan labores agrícolas como desmontes, barbechos, y otras; la utilización de maquinaria agrícola es prácticamente nula y la infraestructura para esta explotación es relativamente fácil de adquirir dependiendo de la ubicación geográfica. (Thomas, 2004).

10.-Costo de producción.-Las inversiones necesarias para producir FVH dependerán del nivel y la escala de producción. El análisis del costo de producción del FVH que se presenta, por su importancia revela que considerando los riesgos de sequía, otros fenómenos climáticos adversos, las pérdidas de animales y los costos unitarios del insumo básico (semilla), el FVH es una alternativa económicamente viable que merece ser considerada por los pequeños y medianos productores en el desglose de los costos, donde se aprecia la gran ventaja que tiene este sistema de producción por su significativo bajo nivel de costos fijos en relación a las formas convencionales de producción de forrajes fijos al no requerir maquinaria agrícola para su siembra y cosecha, el descenso de la inversión resulta evidente (Arano, 1998)

Cuadro 4.-Comparación de costos totales de FVH frente a forrajes convencionales en semillas utilizadas en el proyecto para obtener Kg de materia seca.

Especies	Convencional \$ 1kg / Materia Seca	FVH \$1kg / Materia Seca
Avena	3.2	0.9
Trigo	1.5	0.4
Maíz	2.3	0.7
Triticale	1.7	0.5

Fuente: (FAO, 2002).

Desventajas del FVH

1.-Desinformación y sobre valoración de la tecnología.- Proyectos del FVH preconcebidos son vendidos a productores sin conocer exactamente las exigencia del sistema, la especie forrajera y sus variedades, su comportamiento productivo, plagas, enfermedades, requerimientos de nutrientes y de agua, óptimas condiciones de luz, temperatura, humedad del ambiente, y niveles óptimos en concentración de CO₂. En innumerables proyectos se han sufrido significativos fracasos por no haber accedido a una capacitación previa que permita un correcto manejo del sistema.(FAO, 2002).

2.-Es laborioso y requiere de cuidados especiales. En este tipo de actividad se debe aplicar una cierta dedicación para mantener un ritmo de producción el cual nos permita ir aprovechando los resultados para el avance e incrementación de conocimiento de cómo aprovechar el forraje verde para la nutrición animal (Azarias, 2001).

3.-Costo de instalación.- Se revela que este sistema presenta un elevado costo de implementación a nivel invernadero. La practica de esta metodología en piso y túnel es quizás la más económica y accesible, se calcula que para instalar un metro cuadrado se invierte aproximadamente una cantidad que oscila entre \$1,000 y \$1.150 (FAO, 2002).

Situaciones bajo las cuales se pueden producir granos germinados

1.-Condiciones áridas donde no se puede contar con una fuente permanente de forraje verde.

- 2.- Donde es barato y accesible el grano para usarlo en la explotación ganadera.
- 3.-En áreas urbanas que no cuenten con un terreno suficiente para producir forraje en forma convencional.
- 4.-En lugares en donde la explotación de agua subterránea puede resultar un gasto muy pequeño y no sea rentable equipar un pozo para utilizar el agua en sistema de agricultura convencional.
- 5.-En áreas no adecuadas para la agricultura debido a la salinidad, a que hay piedra o erosión del suelo (Campillo, 2000).

Instalaciones

Desde tiempos atrás se ha venido investigando cómo germinar granos de forma simplificada, sin ambiente controlado y sin construcciones costosas. El germinado ha evolucionado hasta tener producciones extraordinarias usando fertilizantes y ambiente controlado.

Se pueden construir anaqueles o estantes independientes para el soporte de las cajas con uno o varios niveles. Se pueden construir con madera o material metálico según los recursos del productor (Bravo, 2000).

La localización de una construcción para producción de FVH no presenta grandes requisitos. Como parte de una buena estrategia, la decisión de iniciar la construcción de instalaciones para FVH debe considerarse previamente la unidad de construcción para este sistema, ubicando una zona de producción por unidad animal o muy próxima a esta y que existan periodos de déficit nutricional a consecuencia de las condiciones agrometeorológicas desfavorables para la producción normal de forraje (como las sequías concurrentes en al región) o simplemente suelos malos o empobrecidos (Sánchez, 2004).



Figuras 6.- Instalación de FVH en condiciones semicontroladas

Para iniciar la construcción se debe nivelar bien el suelo; buscar un sitio que esté protegido de los vientos fuertes; que cuente con disponibilidad de agua de riego y disponibilidad aceptable para abastecer las necesidades del cultivo (FAO 2002).

Existe un amplio rango de posibilidades para las instalaciones que van desde aquellas más simples construidas artesanalmente hasta sofisticados modelos digitalizados en los cuales casi no se utiliza mano de obra para la posterior producción de FVH. En los últimos años se han desarrollado métodos operativos con modernos instrumentos de medición y control como relojes, medidores de pH, de conductividad eléctrica y controladores de la tensión de CO₂ (Evans, 2006). Las instalaciones pueden ser clasificadas según sea su grado de complejidad en:

Populares: Consisten en una estructura artesanal compuesta de desechos de madera u otro material reciclable. La producción obtenida en este tipo de instalaciones es utilizada en la mayoría de los casos para alimentar los animales existentes dentro del mismo predio. La altura de las estanterías debido a la calidad de los materiales de construcción, no sobrepasa los tres pisos.

El material con que están construidas las bandejas puede ser de cualquier tipo y origen. Lo mas común es que sean recipientes de plástico de descarte, se les perforan pequeños drenajes de agua sobre uno de los lados y se usan tal como quedan (Valdivia, 1997). También se utilizan estantes de muebles en desuso a los que se les forran con nylon. En este tipo de instalaciones podemos encontrar todo tipo de formas y tamaños de bandejas.

Estructuras o recintos en desuso: Se ha dominado así a este segundo tipo de instalaciones de producción de FVH. Comprende instalaciones industriales en desuso, antiguos criaderos de pollos, galpones vacíos, viejas fábricas, casas abandonadas, etc. Estas instalaciones se están volviendo cada vez más comunes en los países de América Latina.

Instalaciones de alta y mediana modernización: Cabe mencionar que este tipo de explotación de forraje ha incrementado el interés de criadores de animales domésticos a nivel mundial, del cual surge la necesidad para investigar oportunamente la manera de fortalecer la tecnología de invernaderos dedicados fielmente a este tipo de producción de forraje (Rodríguez 2003). Entre dicha necesidad se ha podido resolver gran déficit de alimento con instalaciones modernas y altamente tecnificadas proporcionando un valor agregado al grano utilizado para la nutrición animal. Los ambientes controlados y necesidades del cultivo pueden ser medidos y ajustados sin la necesidad de ninguna mano de obra operando con un sistema de computo, controlando riegos programados, conductividad eléctrica, niveles adecuados de pH, luz y temperatura optima y humedad relativa (Arano, 1998).

Dentro de este tipo de instalaciones, están consideradas las de mediana modernización que consisten en la instalación de sistemas semicontrolados (como riegos programados con reloj de lengüetas, panales húmedos y abanicos de extracción) combinadas con labores semirústicas como aplicaciones de soluciones nutritivas y sales minerales al forraje. En forma practica existen métodos sofisticados conocido como "*Fábricas de Forraje*" donde, en estructuras cerradas, totalmente automatizadas y

climatizadas, el forraje verde se produce a partir del trabajo de un operario que solo se remite a sembrar y cosechar mientras que todos los demás procesos y controles son realizados en forma automática. (Izquierdo, 2002).

En el estado de Sonora puede ser posible producir forraje verde hidropónico con el auxilio de invernaderos rústicos de bajo precio aprovechando condiciones ambientales que pueden ser utilizadas para su producción (Carballido, 2007).

Factores que influyen en la producción de FVH

Calidad de la semilla

El éxito del FVH comienza con la elección de una buena semilla. Tanto en calidad genética como fisiológica, la semilla debe presentar como mínimo un porcentaje de germinación no inferior al 78 % para evitar pérdidas en el rendimiento de forraje germinado. (Howard, 2005).

Calidad del agua

La calidad del agua de riego es otro de los factores singulares en la proyección del éxito. Antes de realizarse un sistema de FVH es preferible hacer un análisis en cuanto a características de agua que se va a utilizar, ya que una concentración salina excesiva, puede presentar un disturbio en el desarrollo del forraje (Murrieta, 2006).

Riego

Se refiere a la periodicidad y frecuencia con la que se debe aplicar el riego al sistema de FVH, ya que a nivel invernadero la temperatura interna de los forrajes se incrementa y pueden sufrir un estrés hídrico con lamentables consecuencias (Izquierdo, 1998). El riego puede realizarse en forma automática o manual. Cuando el riego es automático se requiere una bomba, un tanque de almacenamiento, tubos y mangueras de distribución, ya sea para regar por micro aspersores o con atomizadores. Cuando no hay recursos se hará con una manguera o con un balde con hoyos en el fondo (Campillo, 2000).

Iluminación

Si no existiera luz adentro de los recintos para el FVH, la función fotosintética no podría ser cumplida por la células verdes de las hojas y por lo tanto no existiría producción de biomasa al comienzo del ciclo de producción del FVH (Murrieta, 2006). La presencia de luz durante la germinación de la semillas no es deseable por lo que hasta el tercer o cuarto días de sembradas, las bandejas deben estar en un ambiente de luz muy tenue pero con un riego oportuno para favorecer la aparición de los brotes y el posterior desarrollo de las raíces (FAO 2002). Al tercer y cuarto día se inicia el riego aplicando la solución nutritiva y se expone a las bandejas con una iluminación y distribución de 1-1.5 micro watts/cm cuadrados en un periodo de aproximadamente 12-14 horas diarias de luz (Thomas, 2004).

Temperatura

Es una de las variables más importantes en la producción de FVH. Ello implica efectuar un debido control sobre la regularización de las mismas. El rango óptimo para producción de FVH se sitia siempre entre los 18° C y 26° C (Arano, 1998). La variabilidad de la temperatura es óptima para la germinación y el posterior crecimiento de los granos en FVH (trigo, avena, maíz, triticale etc.). Cada especie presenta requerimientos óptimos de temperatura para germinación lo que se suma a los cuidados respecto a la humedad en las condiciones de producción de FVH. Un factor crítico para el crecimiento de avena es la temperatura. Con temperaturas exteriores que con frecuencia alcanzan 40°C, la temperatura en la unidad necesita ser mantenida a 24-30°C. La humedad relativa ambiental es generalmente cercana al 75 % (Valdivia, 1997).

Humedad

La humedad relativa del recinto de producción no puede ser inferior al 70 %, valores de humedad superiores al 90% sin buena ventilación pueden causar graves problemas fitosanitarios debido fundamentalmente a enfermedades de agentes patógenos difíciles de combatir y eliminar, además; incrementan los costos operativos (Murrieta, 2006).

Ph

El valor del pH de agua de riego debe oscilar entre 5.2 – 7.0 y salvo raras excepciones pueden desarrollarse hasta con un pH cercano a 7.5; el resto de las semillas utilizadas (cereales mayormente) para FVH no se comportan eficientemente en un pH por encima de 7.0 (Thomas, 2004).

Conductividad eléctrica del agua

Nos indica cual es la concentración de sales en una solución. En nuestro caso, nos referimos siempre a la solución nutritiva que se le aplica al cultivo. Su valor se expresa en milisiemens/cm (mS/cm) y se mide con un conductímetro previamente calibrado. Un rango óptimo de CE de una solución nutritiva es de 1.5 - 2.0 mS/cm (Howard, 2005).

Fuentes de nitrógeno

Se ha comprobado que una solución amoniacal reduce el costo de la solución nutritiva pero una aplicación mas haya del 20 % puede producir un disturbio en el desarrollo de FVH. (Murrieta, 2006).

Solución nutritiva

Todos los elementos minerales son esenciales para el crecimiento de las plantas, especialmente el nitrógeno.

Cuadro 5.-Composición para una solución nutritiva apta para FVH

Sal mineral	Cantidad Gr/20 Lit de H ₂ O	Elemento que Aporta	Aporta en PPM
Nitrato de Sodio	355	Nitrógeno	207
Sulfato de potasio	113	Potasio	178
Superfosfato normal	142	Fosforo	83
Sulfato de Magnesio	100	Magnesio	71
Sulfato de Hierro	4	Hierro	10

Fuente: (FAO, 2002).

Fertilización en la producción de FVH

El uso de fertilizantes en la producción de FVH resulta ser positivo, se han comprobado distintas dosis de fertilización en avena, encontrándose mejores resultados

en volumen de producción y valor nutritivo del FVH cuando se utiliza 200 ppm de nitrógeno en la solución nutritiva (FAO, 2002).

Preparación de soluciones nutritivas

La solución nutritiva final comúnmente llamada también solución concentrada de riego, se prepara en el caso de la fórmula utilizada en FVH; reportes realizados indican que su procedimiento es sencillo y rápido, lo cual denota que para la producción de FVH no se necesitan grandes y complicados procedimientos en la fórmula de soluciones nutritivas. Se prepara a través de una mezcla de soluciones nutritivas o concentradas llamadas "A" y "B", respectivamente. Debemos recordar no mezclar las soluciones A y B sin la presencia de agua. Esto significa que primero agregamos el agua y luego la solución A, revolviendo muy bien, y finalmente se agrega la solución B (Izquierdo, 2002).

Cuadro 6.-Solución concentrada A

SAL MINERAL	CANTIDAD
Fosfato mono amoniaco	340 grs.
Nitrato de calcio	2,080 grs.
Nitrato de potasio	1,100 grs.

Fuente (FAO, 2002)

Cuadro 7.- Solución concentrada B

SAL MINERAL	CANTIDAD
Sulfato de magnesio	495 grs.
Sulfato de cobre	48 grs.
Sulfato de zinc	120 grs.

Fuente (FAO, 2002)

NOTA: Por cada litro de agua se agregan 1.25 CC de solución "A" 0.5 CC y solución "B"

MATERIALES Y METODOS

Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó acabo de octubre del 2006 a diciembre del 2007, en el Departamento de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, localizado en el Km. 21 de la carretera Hermosillo-Bahía de Kino.

El presente estudio forma parte de un proyecto general de investigación que consistió en la evaluación de cuatro especies forrajeras y dos reguladores de crecimiento, y posteriormente un análisis proximal implementándose un sistema de producción de forraje verde hidropónico.

Las instalaciones utilizadas para la investigación fue un invernadero con condiciones semicontroladas que implicaba sistema de riego por aspersion foliar programado con reloj, estantes de dos líneas con cuatro niveles cada uno, parte superior con malla-sombra y una instalación anexa con condiciones rusticas con mallasombra solamente.

Desarrollo del experimento

El trabajo se realizó en charolas de plástico de 50 x 25 cm. utilizando semillas viables como avena, trigo, maíz y triticale con una densidad de siembra entre 350 y 650 gramos por 1.5cm de grosor cosechando en un período de tiempo de 9-15 días de germinado; se tomaron muestras en materia fresca de cada una de las especies forrajeras llevándolas al laboratorio de nutrición animal para analizar los parámetros a evaluar (% materia de seca, altura, incremento de proteína, % de recuperación y producción total de materia fresca) una vez concluido el ciclo de germinación.

Selección de la semilla

Se utilizó semilla de buena calidad y adaptadas a condiciones locales, disponibles y de probada germinación y rendimiento. Para el presente proyecto se seleccionaron

cereales tales como avena, trigo, maíz y triticale.

Lavado de la semilla

La semilla se lavó y desinfectó con una solución de cloro al 10% y tenía por objeto eliminar hongos y bacterias contaminantes. El tiempo de reacción de las semillas en la solución de cloro fue en un periodo de 30 segundos sin excedernos del tiempo para no provocar perjuicio en la viabilidad de la semilla; finalizando el lavado de las semillas se dio un enjuague riguroso de las mismas con agua tibia.



Figura 7.- Tratamiento con cloro a la semilla en solución al 10 %

Remojo y germinación de la semilla

Esta etapa consistió en colocar las semillas dentro de un recipiente y sumergirlas completamente en agua con la aplicación de los reguladores de crecimiento los cuales fueron BTA y Zoberaminol para lograr una completa imbibición en un período de 24 horas.



Figura 8.- Semilla en remojo con reguladores de crecimiento

Dosis de la siembra

Las dosis óptimas de semilla a sembrar por metro cuadrado oscilaron entre .400 a .650 kg, con 1.5 cm de grosor en trigo, avena y triticale, en maíz de 2.0 cm en charolas de 50 por 25 cm. Considerando que la disposición de la semilla o “siembra” no debe superar los 2.5 cm de altura en la bandeja.



Figura 9.- Densidad de siembra en charolas de 50 x 25 cm

Siembra en las bandejas

Realizados los pasos previos, se procedió a la siembra definitiva de las semillas en las bandejas de producción, para ello se colocó sanitas como precursoras del sistema

radicular, distribuyendo manualmente la semilla tratada con los reguladores de crecimiento en las charolas, existiendo así un buen porcentaje de germinación.

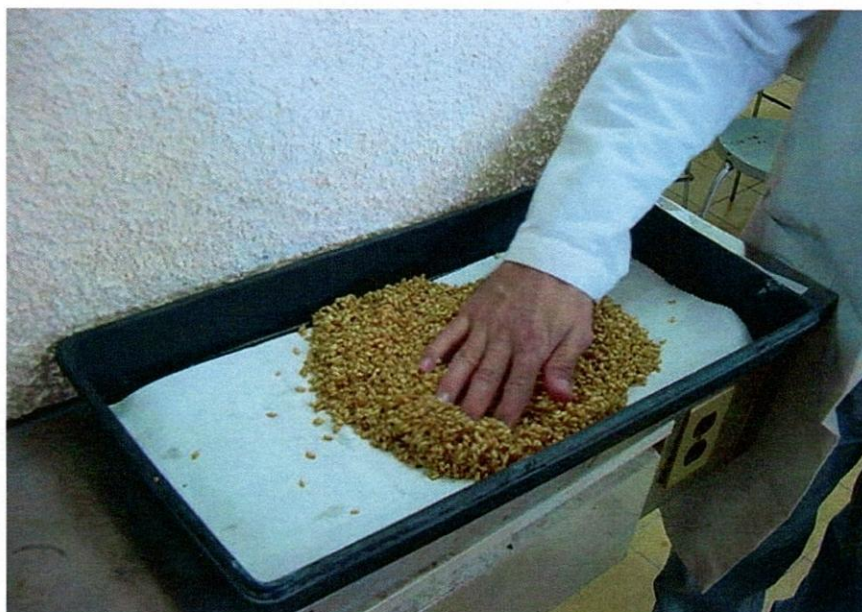


Figura 10.- Distribución de semilla tratada utilizando sanita para el sistema radicular

Riego de las bandejas

El riego de las bandejas para el crecimiento del FVH se realizó a través de un micro aspersor, nebulizadores, incluyendo una mochila de mano. Se aplicaron tres riegos con micro aspersor al día con un tiempo de 10 minutos cada uno controlados por reloj y al ser esta una instalación con condiciones semi controladas los riegos no eran realizados constante y periódicamente lo que a manera auxiliar se aplicaba el riego con una mochila de mano aprovechando a la vez la aplicación de nutrientes en el riego.

Debido a lo antes mencionado, la infestación por hongos y bacterias fue evidente provocando de esta manera bajos rendimientos de producción y calidad.



Figura 11.- Irrigación por micro aspersor durante la etapa de germinación

Riego con solución nutritiva

Apenas aparecidas las primeras hojas entre el 4 y el 5 día se comenzó el riego con los reguladores de crecimiento (BTA y ZOBERAMINOL), realizándose estas aplicaciones con mochila de mano una vez por día.



Figura 12.- Aplicación de solución nutritiva a través de mochila de mano

Cosecha y rendimiento

La cosecha del FVH se realizó entre los 12 y 14 días. Sin embargo, en ocasiones fue necesario efectuar cosechas anticipadas de 8 a 9 días de germinado. Se comprobó que en un periodo de 7 a 10 días fue más que suficiente para complementar el ciclo de un cereal sembrado para forraje hidropónico. En los avances del proyecto se obtuvieron cosechas de forraje verde en maíz con una altura promedio de 24- 27 cm, con una productividad de 13 kilos de materia fresca por metro cuadrado, en una cosecha de 12 – 15 días de germinación.

Tratamientos a evaluar

Dos reguladores de crecimiento

- BTA
- ZOBRAINOL

Parámetros a evaluar

- % Materia seca
- Proteína Cruda
- Recuperación
- Producción de Forraje Fresco
- Altura

Diseño experimental

Se utilizó el programa SAS con un diseño completamente al azar.

RESULTADOS

Cuadro 8.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura de la avena

Tratamiento	Altura (cm)	Grupos
ZOBERAMINOL	18.333	A
BTA	19.500	A
TESTIGO	17.500	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 9.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca de la avena

TRATAMIENTO	% MS	GRUPOS
ZOBERAMINOL	20.537	AB
BTA	21.117	A
TESTIGO	7.983	B

*Estadísticamente el tratamiento BTA se mostró significativo respecto al testigo

Cuadro 10.- Porcentaje de recuperación de materia seca de avena con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	% RECUPERACION	GRUPOS
ZOBERAMINOL	77.283	A
BTA	80.250	A
TESTIGO	78.850	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base con la prueba de Tukey al 0.5 %.

Cuadro 11.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en avena

TRATAMIENTO	PROTEINA %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	13.050	A
BTA	11.617	A
TESTIGO	12.350	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 12.- Producción de forraje fresco de avena con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN NETA Charola/ kg	GRUPOS
ZOBERAMINOL	2.425	A
BTA	2.492	A
TESTIGO	2.258	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 13.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de altura del trigo

TRATAMIENTO	ALTURA (CM)	GRUPOS
ZOBERAMINOL	14.500	A
BTA	14.833	A
TESTIGO	14.833	A

*Estadísticamente no existió nivel de significancia entre los dos tratamientos y el testigo en base a la prueba Tukey al 0.5 %

Cuadro 14.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca del trigo

TRATAMIENTO	MS %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	15.155	A
BTA	14.000	A
TESTIGO	13.648	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base con la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 15.- Porcentaje de recuperación de materia seca de trigo con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	RECUPERACIÓN %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	68.805	A
BTA	71.367	A
TESTIGO	75.417	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 16.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en trigo

TRTAMIENTO	PROTEINA %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	19.308	A
BTA	19.533	A
TESTIGO	19.217	A

*Ningún tratamiento se mostró significativo en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 17.- Producción de forraje fresco de trigo con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN NETA /Charolas /Kg.	GRUPOS
ZOBERAMINOL	2.350	A
BTA	2.283	A
TESTIGO	2.217	A

* Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 18.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura del maíz

TESTIGO	ALTURA (CM)	GRUPOS
ZOBERAMINOL	21.667	A
BTA	21.333	A
TESTIGO	21.830	A

* Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 19.- Efecto de la aplicación de dos reguladores crecimiento en el contenido de materia seca del maíz

TRATAMIENTO	MS %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	23.283	A
BTA	22.633	A
TESTIGO	21.350	A

* Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 20.- Porcentaje de recuperación de materia seca en maíz con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	RECUPERACIÓN %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	74.167	A
BTA	81.333	A
TESTIGO	73.000	A

*Ningún tratamiento se mostró significativo en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 21.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en maíz

TRATAMIENTO	PROTEINA %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	15.550	A
BTA	15.333	A
TESTIGO	15.133	A

*Ningún tratamiento se mostró significativo sobre en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 22.- Producción de forraje fresco de maíz con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	PRODUCCIÓN NETA/ Charolas/ Kg.	GRUPOS
ZOBERAMINOL	2.842	A
BTA	2.642	A
TESTIGO	2.783	A

*Tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba Tukey al 0.5 %

Cuadro 23.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en la altura del triticales.

TRATAMIENTO	ALTURA (CM)	GRUPOS
ZOBERAMINOL	14.167	A
BTA	14.500	A
TESTIGO	14.333	A

*Ningún tratamiento se mostró significativo en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 24.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de materia seca del triticales

TRATAMIENTO	MS %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	15.317	A
BTA	14.683	A
TESTIGO	14.667	A

*Estadísticamente no existió nivel de significancia entre los dos tratamientos y el testigo en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 25.- Porcentaje de recuperación de materia seca de triticales con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTO	RECUPERACIÓN %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	68.717	A
BTA	72.167	A
TESTIGO	69.717	A

*Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 26.- Efecto de la aplicación de dos reguladores de crecimiento en el contenido de proteína cruda en triticales

TRATAMIENTO	PROTEINA %	GRUPOS
ZOBERAMINOL	22.033	A
BTA	21.483	A
TESTIGO	21.017	A

*Ningún tratamiento se mostró significativo en base a la prueba de Tukey al 0.5 %

Cuadro 27.- Producción de forraje fresco de triticales con la aplicación de dos reguladores de crecimiento

TRATAMIENTOS	PRODUCCIÓN NETA/ Charolas/ Kg.	GRUPOS
ZOBERAMINOL	2.333	A
BTA	2.292	A
TESTIGO	2.350	A

* Los tratamientos con la misma letra no son estadísticamente diferentes en base a la prueba Tukey al 0.5 %

DISCUSIONES

Como se puede observar en el cuadro 9, el contenido de materia seca en avena se mostró estadísticamente significativo con la aplicación de los reguladores de crecimiento, con datos que oscilaron entre un 20 y 21 %; sin embargo, en los otros parámetros a evaluar (altura, % de recuperación, proteína cruda y producción de forraje fresco), no se mostraron estadísticamente significativos según el sistema SAS.

Como se puede observar en los cuadros 11 y 26 que corresponden a las especies de avena y triticale, el nivel de proteína fue incrementado, pero no existió un nivel de significancia entre los tratamientos y el testigo.

La eficiencia de producción a nivel invernadero fue positiva, pero los resultados obtenidos manifiestan la ineficiencia de los reguladores de crecimiento que fueron utilizados como tratamientos sin embargo, en avena, la materia seca con el tratamiento BTA fue diferente en un 12 % en eficiencia respecto al testigo.

Eficiencia de producción

La eficiencia de producción en kg de materia seca por metro cuadrado en promedio del maíz fue 2.4 kg. El cual se traduce en 12 kg / metro cuadrado en forraje verde hidropónico.

Los niveles de proteína en trigo y triticale reportaron en el análisis proximal de semilla un 12 % y en el periodo del análisis posteriormente después de cosecha a los 12 días de crecimiento un incremento de 20 % en trigo y 22 % en triticale (valores promedio), aunque los efectos de BTA, ZOBERAMINOL y el TESTIGO no se mostraron significativos. En cuanto a recuperación, la avena se comportó mas eficazmente presentando un índice de fibras mas elevado.

CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que pueden extraerse de este trabajo sobre la producción de forraje verde hidropónico son:

1.-El FVH es un alimento vivo de alta digestibilidad y calidad nutricional, excepcionalmente apto para alimentación animal y no compite con forrajes producidos en forma convencional.

2.-A través de la implementación de esta técnica se obtiene un significativo ahorro de agua, recurso que cada vez este es más limitante y clave en nuestro desarrollo productivo.

3.- Sin ningún tratamiento aplicado al forraje verde hidropónico fue significativamente diferente entre ellos y el testigo, a excepción de la avena que con el regulador de crecimiento BTA fue superior estadísticamente en la variable materia seca respecto al testigo, con un 10 % de eficiencia.

4.- Las semillas de trigo y maíz son las que se encuentran mayormente disponibles en la región pero se debe verificar su calidad.

5.- A nivel invernadero, el maíz se adaptó mejor a las condiciones ambientales y tuvo mayor éxito en cuanto a altura y producción de materia seca.

6.- En el área de invernadero en ocasiones fortuitas, existieron malas frecuencias de riego, las condiciones ambientales controladas y en combinación con otros factores repercutió en la presencia de hongos (*Penisillium* spp) lo cual interrumpió el ciclo normal de germinado en las especies forrajeras y dado las circunstancias la avena presentó mayor resistencia a este agente.

7.- Se debe tratar intensivamente con diferentes especies forrajeras en hidroponía, diferentes métodos de siembra y manejo de producción con el fin de determinar con más precisión en la disponibilidad de forraje verde hidropónico para la alimentación animal.

8.- El estudio de la técnica de FVH debe seguir en investigación para que los productores obtengan una opción redituable para un mayor aprovechamiento de las actividades agropecuarias pasando de lo experimental a lo comercial.

RECOMENDACIONES

- 1.- El presente trabajo debe de ser repetido intensamente para obtener valores promedio más altos y viables y que sean representativos en el comportamiento del forraje verde hidropónico.
- 2.- Efectuar pruebas con diferentes especies forrajeras en diferentes condiciones ambientales para detectar cual es la mejor adaptación óptima de las especies en el sistema del forraje verde hidropónico.
- 3.- A los productores interesados se les aconseja nutrirse de información valiosa, confiable y útil respecto a este sistema y manejo de forraje para lograr un éxito satisfactorio y oportuno.
- 4.- Planificar una investigación intensiva sobre la producción de este sistema que conduzca a un aprovechamiento eficaz logrando una suplementación efectiva para la alimentación animal a nivel de pequeños y medianos productores.
- 5.- Dado que en este trabajo las especies forrajeras utilizadas fueron estudiadas bajo las mismas condiciones ambientales y considerando todos los factores de manejo, el maíz fue el que mejor se adaptó; por lo que se sugiere una investigación con más énfasis en esta especie forrajera.

LITERATURA CITADA

- Arano, J. 1998. Producción de Forraje Verde Hidropónico. Edición N 3. Hemisferio Sur Buenos Aires, Argentina. 2-58 p.
- Azarías, F. 2001. Ciencia, principios y métodos de cultivo Hidropónico. 1ra. Edición. Ed. Cobasco. México, D.F. 34-41 p.
- Bravo, S.A. 2000. Mejoramiento sobre el rendimiento de cultivos verdes con aplicaciones orgánicas. 1ra Edición. Ed. Uvet. Caracas, Venezuela. 18-36 p.
- Campillo, H. 2000. Cultivos Hidropónicos, Edición 2. Mundiprensa. Madrid, España. 150-155 p.
- Evans, Ñ. 2006. Producción de Forraje Verde Hidropónico. 5ta Edición. Editorial Lope. Santiago de Chile. 25-63p.
- FAO. 2002. Forraje verde hidropónico. Manual Técnico. Oficina Regional Para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 79 pp.
- Howard M. R. 2005. Cultivos Hidropónicos. 2da Edición. Ed. Compal. Brisbane, Australia 34pp.
- Izquierdo j., 2002 y V. T. Gutiérrez. 1999. Hidroponía en Forrajes para la Alimentación Animal. 2da. Edición. Ed. Panamericana. River, Argentina. 15-45p.
- Murrieta B. F. 2006. Influencia a los factores climáticos sobre el forraje verde Hidropónico y su manejo en el valle de Mexicali. Colegio de Agricultura, Campus Ensenada. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, B.C. Tesis de Licenciatura. 51 pp.
- Peña, E. 2004. Forraje Verde Hidropónico en Esperanza para Latinoamérica. Primera Edición. Ed. Sor. Caracas, Venezuela. 227pp.
- Rodríguez, M. 2003. Producción de forraje verde hidropónico para el mejoramiento alimenticio, utilizado en ganado lechero. Delicias, Chihuahua. Bull 2. 3-17 p.

Sánchez del C.F.2004. Un Sistema de producción de Plantas. Hidroponía, principios y métodos de cultivo. Edición 2. Editorial Trillas. Chapingo, Edo. de México. 102-107p.

Thomas, C. Y H. 2004. Importancia de la Producción en Forraje Hídrico - Asociación Americana de Soya. México, D.F. Bull 6. 1-8 p.

Valdivia, E. 1997. Producción de forraje verde hidropónico, Hidroponía comercial una buena opción en agro negocios. J. Infa Presupuesto. 47 (1): 7-11.