

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria
Ingeniería Agronómica



Proyecto Especial de Graduación
**Determinación de densidades y tipo de bandeja para la producción de forraje
verde hidropónico de maíz**

Estudiante

Marco Antonio Ovando Baldelomar

Asesores

Marielena Moncada Laínez, Ph.D.

Alejandra Sierra Augustinus, M.Sc.

Honduras, agosto 2021

Autoridades

TANYA MÜLLER GARCÍA

Rectora

ANA MARGARITA MAIER ACOSTA

Vicepresidenta y Decana Académica

ROGEL OMAR CASTILLO RAMÍREZ

Director Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria

HUGO ZAVALA MEMBREÑO

Secretario General

Contenido

Índice de Cuadros.....	4
Índice de Figuras	5
Índice de Anexos	6
Resumen	7
Materiales y Métodos.....	12
Localización	12
Experimento Uno	12
Tratamientos.....	12
Variable Analizada.....	13
Tiempo para iniciar el proceso de pudrición en las semillas	13
Experimento dos.....	13
Tratamientos.....	13
Variables analizadas.....	14
Biomasa Obtenida al Final del Experimento	14
Medición de cobertura de FVH	14
Análisis Estadístico y Diseño Experimental	15
Experimento Uno	16
Experimento Dos.....	17
Conclusiones	23
Anexos.....	27

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Distribución de bandejas con o sin perforaciones y tres diferentes densidades para la producción de FVH en Zamorano, Honduras.	13
Cuadro 2 Distribución de bandejas con 24 o 48 horas de remojo y tres diferentes densidades para la producción de FVG en Zamorano, Honduras.	14
Cuadro 3 Análisis de variación entre tratamientos.	17
Cuadro 4 Cantidad de biomasa (kg/m^2) de forraje verde hidropónico obtenido con densidades de 4.2, 6.7, y $9.2 \text{ kg}/\text{m}^2$ con ambas horas de remojo.....	18
Cuadro 5 Cantidad de biomasa (kg/m^2) de forraje verde hidropónico obtenido con 24 y 48 horas de remojo con las 3 densidades determinadas.	18
Cuadro 6 Rendimiento y relación biomasa: densidad de FVH bajo dos tratamientos de remojo producido con tres densidades en Zamorano.....	19
Cuadro 7 Porcentaje de cobertura foliar en las bandejas de 0.06 m^2 calculado con ImageJ.	20

Índice de Figuras

Figura 1 Comparación visual de las semillas en las bandejas con perforaciones y sin perforación.	16
Figura 2 Bandeja con drenaje al día 12.	17
Figura 3 Bandeja a los 12 días de desarrollo.	21
Figura 4 Bandeja del resultado de la investigación de Gonzales K.	21

Índice de Anexos

Anexo A Parcela donde se establecieron las bandejas del experimento 1	27
Anexo B Semillas remojando	28
Anexo C Bandejas del experimento 1 ya establecidas y separada en grupos.....	29
Anexo D Bandejas del experimento 2 y lugar de establecimiento.....	30
Anexo E Resultado de FVH al día 12.....	31

Resumen

El forraje verde hidropónico (FVH), es una alternativa muy efectiva a la hora de producir alimento para animales. Sin embargo, las condiciones para la producción de FVH varían de acuerdo con la región. El objetivo de este experimento fue determinar la densidad de siembra apropiada de las semillas de maíz y el tiempo necesario de remojo. El ensayo se realizó en la Unidad de Agricultura Orgánica de mayo a julio del 2021. Se utilizaron tres densidades de siembra de maíz: 4.2, 6.7 y 9.2 kg/m² en bandejas de aluminio con un área de 0.06 m². En el primer experimento se usaron 54 bandejas para determinar el uso de drenaje, con las densidades mencionadas. Las bandejas con drenaje tuvieron mayor rendimiento. Además, se observó que la exposición directa con el sol es muy dañina para las plántulas. En el segundo experimento se usaron 54 bandejas divididas en dos grupos (24 y 48 horas de remojo), los cuales fueron divididos en tres subgrupos de nueve bandejas cada uno con las densidades mencionadas. Al finalizar el experimento se determinó que las bandejas con una densidad de 4.2 kg/m² tuvieron una mejor conversión de biomasa por kilogramos de semilla. Sin embargo, la densidad de 9.2 kg/m² tuvo un mayor rendimiento al finalizar el experimento. Así mismo, remojar las semillas por 24 horas tienen mejor resultado que 48 horas de remojo.

Palabras clave: Hidroponía, relación biomasa:densidad, rendimiento de FVH, plántulas.

Abstract

Hydroponic green forage (HGF) is a very effective alternative when it comes to producing animal feed. However, the conditions for HGF production vary according to the region. The objective of this experiment was to determine the appropriate sowing density of the corn seeds and the necessary soaking time. The test was carried out in the Organic Agriculture Unit from May to July 2021. Three planting densities were used: 4.2, 6.7 and 9.2 kg/m² in aluminum trays with an area of 0.06 m². In the first experiment, 54 trays were used to determine the use of drainage, with the densities mentioned. Trays with drainage had higher performance. In addition, direct sun exposure was found to be very harmful to seedlings. In the second experiment, 54 trays were used, divided into two groups (24 and 48 hours soaking), which were divided into three subgroups of nine trays each with the before mentioned densities. At the end of the experiment, it was determined that the trays with a density of 4.2 kg/m² had a better conversion of biomass per kilograms of seed. However, the density of 9.2 kg/m² had a higher yield at the end of the experiment. Likewise, soaking the seeds for 24 hours has better results than 48 hours of soaking.

Keywords: Biomass: density ratio, HGF yield, hydroponics

Introducción

La producción animal hoy en día se ve afectada por una serie de factores, que se interrelacionan entre sí y que, dependiendo de su magnitud, repercutirán positiva o negativamente sobre el desempeño general de los animales (Salazar 2005). La alimentación forma la mayor parte de la inversión a la hora de suplir las necesidades alimenticias de cualquier animal. Por lo que se debe tomar en cuenta los costos de alimentación cuando empezamos a tener ganado de engorde, leche, cerdos, bovinos, equinos, entre otros (Samaniego 2009).

En la producción animal, buscar una alternativa de producción de alimento es esencial. La principal alternativa de suplementación usada en la actualidad son los alimentos concentrados, sin embargo, estos poseen un alto valor como consecuencia de la importación de sus materias primas. Por otro lado, se han usado otras alternativas como ensilajes, residuos agrícolas y ganaderos, y el corte y acarreo de forrajes de gramíneas, arbóreas y arbustivas (Moreno 2018). Todas estas alternativas han presentado ventajas y desventajas por diversos factores, por lo que los productores han venido en búsqueda de nuevas alternativas que sean factibles. Aquí es donde la producción de forraje verde hidropónico (FVH) entra en acción.

El FVH es una tecnología de producción de biomasa vegetal que se obtiene a partir de la germinación y crecimiento de semillas de cereales, posee alta digestibilidad y calidad nutricional haciéndolo apto para la alimentación animal (Juárez et al. 2013). Esta técnica de producción posee el suficiente valor nutricional para considerarlo como un suplemento nutricional ideal para mantener al ganado vivo en temporadas de sequía severa e inundaciones (Moreno 2018). La producción de FVH puede llevarse a cabo de diferentes maneras adaptándose a las necesidades de los productores, sin embargo, existen diversos factores que afectan la calidad y rendimiento del mismo, entre ellos: calidad de luz, temperatura, humedad, variedad, tiempo de remojo de la semilla, calidad de la semilla, fertilización, profundidad de siembra, densidad de siembra y la presencia de patógenos (Mejía Suazo y Reyes Zelaya 2020).

El FVH es el resultado de la germinación de los granos de maíz, cebada, sorgo, avena, trigo, entre otros, en condiciones óptimas de temperatura, iluminación y riego. El embrión de la futura planta, a partir de un almacén de energía en forma de hidratos de carbono o lípidos, es capaz de transformarse en pocos días en una planta con capacidad de captar luz que promueve la síntesis de compuestos nutricionales (Rivera et al. 2010). La plántula se encuentra en un crecimiento acelerado, con muy poca fibra y con alto contenido en proteínas en su composición, las cuales se encuentran en estado de formación por lo cual, gran parte de los aminoácidos están en forma libre y son más fácilmente aprovechables por los animales que la consumen (Cruz Cruz 2005).

La producción del FVH se puede realizar debido a que durante las etapas de surgimiento de coleóptilos (VE), desarrollo completo de la primera hoja (V1) y surgimiento de dos hojas totalmente visibles (V2), el almidón funciona como principal fuente de alimentación para el embrión. Debido a lo anterior, la planta puede desarrollarse efectivamente. Una vez la planta llega a la etapa con tres hojas totalmente visibles (V3) comienza a depender del sistema radicular para suplir sus necesidades nutricionales (Bayer 2015).

La tecnología del FVH brinda muchas ventajas, siendo las principales: producción forrajera durante todo el año, desarrollo del cultivo en pequeñas áreas, aporte de complejos vitamínicos necesarios, no ocasionan trastornos digestivos y exhiben una rápida recuperación de la inversión (Rivera et al. 2010). Una de las plantas más usadas para la elaboración de FVH ha sido el maíz (*Zea mays*), debido a que posee un elevado valor nutritivo y alto rendimiento, permitiendo que se generen elevados y constantes volúmenes de FVH de maíz, produciendo alimento a la mitad del costo convencional de forrajes cultivados a campo abierto (Zagal et al. 2016). El hecho de poder producir forraje verde en un área reducida y con costos bajos surge como una alternativa para aquellos que tiene problemas para producir alimentos (Soto y Ramirez 2018). Por esta razón, este experimento tuvo como objetivos: Determinar las densidades apropiadas para la producción de FVH en Zamorano; determinar el impacto sobre las plantas expuestas al sol directamente y con cobertura de malla serán

de plástico negro y determinar el impacto de la presencia de perforaciones en las bandejas para favorecer el drenaje.

Materiales y Métodos

Localización

La investigación se llevó a cabo en la Unidad de Agricultura Orgánica de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada a una altitud de 800 msnm en el Valle del Río de Yegüare, a 32 km al Sureste de Tegucigalpa, Honduras, cuenta con precipitaciones anuales promedio de 1100 mm y temperaturas que oscilan entre los 24 a 30 °C.

El proyecto se dividió en dos experimentos, en los cuales se utilizó semilla tratada de maíz, variedad Tuxpeño, con porcentaje de germinación del 95%, esta procesada y comercializada por la Planta de Semillas de Zamorano.

Cada experimento contó con dos tratamientos. En el experimento uno se realizó un análisis descriptivo con el fin de evaluar la utilización de bandejas para la siembra de FVH sin ninguna modificación o con perforaciones y en el experimento dos, se evaluaron dos períodos de remojo. Así mismo, en cada experimento cada tratamiento fue subdividido en tres grupos utilizando distintas densidades. Los experimentos se realizaron en un periodo de 7 semanas, iniciando a finales de mayo y terminando a comienzos de julio.

Experimento Uno

Tratamientos

Para la realización del experimento uno, se establecieron tratamientos para la germinación de la semilla basadas en la utilización de la bandeja con o sin adaptaciones físicas. Al inicio las semillas fueron remojadas por 12 horas y luego se dejaron reposar por una hora. Para llevar a cabo este experimento, se utilizaron 54 bandejas. Se utilizaron 27 bandejas sin ningún tipo alteración y 27 bandejas con perforaciones. Se evaluaron densidades de 4.2, 6.7 y 7.9 kg/m² en ambos grupos (Cuadro 1).

Se realizaron siete riegos al día sin ningún tipo de fertilizante, aplicando 70 mL en cada bandeja. Los riegos se realizaron todos los días durante los 12 días de duración del experimento en los siguientes horarios 07:30, 09:00; 10:30; 12:30; 14:00; 15:30 y 17:00.

Variable Analizada

Tiempo para iniciar el proceso de pudrición en las semillas

Se realizó un control visual donde se observó el estado de las semillas y ver si se observaba exceso de agua en las bandejas. Todo esto durante los 12 días de desarrollo. Esto con el fin de ver si las semillas se podrían y en cuanto tiempo empezaban a pudrirse.

Cuadro 1

Distribución de bandejas con o sin perforaciones y tres diferentes densidades para la producción de FVH en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Bandeja	Densidades
P250	Perforada	4.2 kg/m ²
P400	Perforada	6.7 kg/m ²
P550	Perforada	9.2 kg/m ²
SP250	Sin perforar	4.2 kg/m ²
SP400	Sin perforar	6.7 kg/m ²
SP550	Sin perforar	9.2 kg/m ²

Nota: P: Bandejas perforadas; SP: Bandejas sin perforar; 250: equivalente a 4.2 kg en 0.06m²; 400: equivalente a 6.7 kg en 0.06m²; 550:

equivalente a 9.2 kg en 0.06m² equivalente al área de la bandeja.

Experimento dos

Tratamientos

Para la realización del experimento dos, se establecieron tratamientos para la germinación de las semillas basadas en el período de remojo. Para llevar a cabo este experimento, se utilizaron 54 bandejas divididas en dos tratamientos 24 o 48 horas de remojo. Cada tratamiento a su vez fue subdividido en tres grupos de acuerdo con las densidades (4.2, 6.7 y 7.9 kg/m²), dando un total de 27 repeticiones por tratamiento y nueve por subgrupo (Cuadro 2). Posterior a las horas de remojo, ambos tratamientos se dejaron en reposo por 24 horas brindando oscuridad para estimular la germinación

de las semillas. Así mismo, todas las bandejas fueron perforadas para evitar la acumulación de agua. Después de terminar con el tratamiento pregerminativo que tuvo una duración de 2 o 3 días, se colocaron las semillas en las bandejas para posteriormente ser trasladadas a la parcela donde se desarrollaron. Esta parcela fue previamente desmalezada y cubierta con mulch plástico negro. Las semillas no tenían contacto directo con el sol puesto que se les brindó sombra con malla sarán 50%. Posteriormente, las bandejas recibieron riego durante 12 días donde se regaron cinco veces por día: 07:30, 10:30, 13:30, 15:30, 17:30.

Cuadro 2

Distribución de bandejas con 24 o 48 horas de remojo y tres diferentes densidades para la producción de FVG en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Tiempo de remojo	Densidades
R24 D250	24 horas	4.2 kg/m ²
R24 D400	24 horas	6.7 kg/m ²
R24 D550	24 horas	9.2 kg/m ²
R48 D250	48 horas	4.2 kg/m ²
R48 D400	48 horas	6.7 kg/m ²
R48 D550	48 horas	9.2 kg/m ²

Notas. R: Horas de remojo; D: Densidades de siembra; 250: equivalente a 4.2 kg en 0.06m²; 400: equivalente a 6.7 kg en 0.06m²; 550:

equivalente a 9.2 kg en 0.06m² correspondientes al área de la bandeja.

VARIABLES ANALIZADAS

Biomasa Obtenida al Final del Experimento

Para determinar esta variable, se utilizó una balanza digital de la marca OHAUS para tomar el peso de cada bandeja al finalizar el experimento.

Medición de cobertura de FVH

Para determinar esta variable, se utilizó la aplicación ImageJ desarrollada por JAVA®. Esta aplicación permite conocer el área de cobertura en la bandeja.

Esta aplicación puede realizar esta operación ya que divide la imagen en píxeles ya con medidas previamente asignadas. Posteriormente se aíslan manualmente las áreas que cuentan con cobertura. Finalmente se reduce el área de esos espacios del área total para tener el % de cobertura.

Análisis Estadístico y Diseño Experimental

El experimento número uno se evaluó mediante un análisis descriptivo. Por otro lado, el experimento dos fue un diseño factorial distribuido en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con dos tiempos de remojo y densidades, cada uno con nueve repeticiones. Las variables de este experimento fueron analizadas mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) con un nivel de significancia $P \leq 0.05$ y una separación de medias con la prueba LSMEANS. Estos datos fueron analizados con ayuda del programa estadístico "Statistical Analysis System" (SAS versión 9.4).

Resultados y Discusión

Experimento Uno

Al día quinto de haber iniciado el experimento, se pudo observar (Figura 1) que las semillas depositadas en las bandejas sin perforaciones iniciaron el proceso de pudrición, esto pudo ocasionarse por el ataque de microorganismos, por lo que se decidió ya no regar estas bandejas, mientras que las bandejas con perforaciones lograron concluir los 12 días del experimento.

Figura 1

Comparación visual de las semillas en las bandejas con perforaciones y sin perforación



Se observó un mayor porcentaje de germinación en las bandejas con perforaciones y con mayores densidades como se observa en la Figura 2. Al tener mayor densidad de semillas se crearon capas entre estas y se observó que la mayor parte de la germinación ocurrió en las semillas que estaban en las capas inferiores, esto pudo deberse a que al estar en oscuridad tuvieron mayor estimulación para la germinación. Según Palacios (2000) dejar las semillas en un lugar oscuro hace que surja la radícula de la semilla, esto contribuye a lograr un crecimiento más uniforme y un mayor porcentaje de germinación en las bandejas.

Al finalizar este experimento se determinó hacer uso de bandejas con perforaciones para evitar acumulación de agua, además de proveerles 24 horas de oscuridad para contribuir a la mejora en el porcentaje de germinación en las semillas utilizadas para el experimento dos.

Figura 2

Bandeja con drenaje al día 12



Experimento Dos

En el Cuadro 3 se puede observar que se presentó un efecto de las horas de remojo y las densidades usadas en la biomasa. Sin embargo, no se observó efecto de la interacción entre las densidades y las horas de remojo.

Cuadro 3

Análisis de variación entre tratamientos

Tratamiento	Valor F	Pr > F
Repeticiones	0.96	0.4815
Horas_remojo	50.76	< 0.0001
Densidad	92.11	< 0.0001
Horas_remojo × densidad	2.13	0.1322

En el Cuadro 4, se puede observar que al realizar un análisis entre medias de las tres densidades tomando en cuenta ambas horas de remojo, que el tratamiento D9.2 tiene el mayor promedio en cuanto al rendimiento. Esto pudo ser influenciado por la cantidad de semillas que contenían. A mayor cantidad de semillas mayor porcentaje de germinación, obteniendo como resultado mayor biomasa.

Cuadro 4

Cantidad de biomasa (kg/m²) de forraje verde hidropónico obtenido con densidades de 4.2, 6.7, y 9.2 kg/m² con ambas horas de remojo

Tratamiento	Promedio final (kg/m ²)
D4.2 kg/m ²	8.5 ^c
D6.7 kg/m ²	10.67 ^b
D9.2 kg/m ²	16.83 ^a
EE	0.036
Valor P	< 0.001

Nota. D: Densidad; ^{a, b, c} superíndice diferentes en la misma columna difieren a $p < 0.05$; EE: error estándar

En el Cuadro 5, se observa que al realizar un análisis entre medias con ambas horas de remojo siendo 24 y 48 horas y tomando en cuenta las tres densidades determinadas. Se puede concluir que usando un remojo de 24 horas tiene un mejor rendimiento.

Cuadro 5

Cantidad de biomasa (kg/m²) de forraje verde hidropónico obtenido con 24 y 48 horas de remojo con las 3 densidades determinadas

Tratamiento	Promedio final (kg/m ²)
R24	13.83
R48	10.21
EE	0.047
Valor P	< 0.001

Nota. R: Horas de remojo; EE: error estándar;

Cuadro 6

Rendimiento y relación biomasa: densidad de FVH bajo dos tratamientos de remojo producido con tres densidades en Zamorano

Densidades de siembra (kg.m ²)	Rendimiento (kg FVH/m ²)		Relación Biomasa: Densidad	
	R24	R48	R24	R48
4.2	11.07 ±1.26 ^b	5.82 ±0.68 ^b	2.63 ^a	1.38 ^b
6.7	11.95 ±1.36 ^b	9.27 ±0.81 ^b	1.78 ^b	1.32 ^b
9.2	18.56 ±1.47 ^a	15.21 ±1.16 ^a	2.01 ^b	1.65 ^a
Valor p	<0.001	<0.001	<0.03	<0.17

Nota. FVH: Forraje Verde Hidropónico; R24: Semillas con 24 horas de remojo; R48: Semillas con 48 horas de remojo;

En el Cuadro 5, se presenta el rendimiento de FVH en kg/m² utilizando las tres densidades de siembra (D), 24 horas de remojo (R24) y 48 horas de remojo (R48). Se observa que para la variable de rendimiento ambos tratamientos presentaron diferencia ($P \leq 0.05$), sin embargo, al comparar ambos tratamientos, las semillas con 24 horas de remojo presentaron mayor rendimiento en comparación a las que tuvieron 48 horas de remojo. Esto se demostró con el rendimiento obtenido con cada densidad. Por otro lado, al comparar las densidades para la misma variable, se presentan mayores rendimientos con una densidad de 9.2 kg/m² en ambos tratamientos. Además, podemos determinar que con una densidad de 4.2 y 6.7 kg/m² el rendimiento del FVH en el tratamiento con 24 horas de remojo fue similar, en contrario al tratamiento con 48 horas de remojo, en el cual se observan que al comparar las densidades de 4.2 y 6.7 kg/m² se presentó mayor rendimiento con 6.7 kg/m².

De igual manera, al convertir el rendimiento por kg de semilla, en el Cuadro 4 se observa que el tratamiento con 24 horas de remojo presentó diferencia ($P \leq 0.05$), siendo este tratamiento el que presentó mejores rendimientos por kg de semilla. Al comparar los resultados obtenidos por densidades se determina que la densidad de 4.2 kg/m² obtuvo mejor rendimiento al convertirlo en rendimiento por kg de semilla utilizados para el tratamiento con 24 horas de remojo.

Tomando en cuenta la mayor conversión obtenida de 2.63 kg, se pudo determinar que se mantiene por debajo del rendimiento en producción de FVH promedio de 5.33 kg que obtuvieron bajo

condiciones de invernadero en la investigación de Lilia et al. (2012). También con el rendimiento promedio de 5.06 kg correspondiente a Ramirez et al. (2017) y 3.55 kg que se obtuvo con la investigación de Valverde et al. (2017) los resultados permanecen por debajo de las medias de esos experimentos, sin embargo, dichas investigaciones fueron realizadas bajo invernadero.

Cuadro 7

Porcentaje de cobertura foliar en las bandejas de 0.06 m² calculado con ImageJ

Densidades de siembra (kg/m ²)	Cobertura Foliar (%) en 0.06 m ²
4.2	76%
6.7	80%
9.2	85%

En el Cuadro 6, se observan los resultados obtenidos con la aplicación ImageJ se observa que las densidades que tuvieron mayor cobertura foliar por bandeja son las que contaban mayor densidad. Esto se ve influenciado por la cantidad de semillas que hay en cada bandeja. Si bien tienen mayor cobertura, la diferencia en % de cobertura entre densidades no es muy amplia. Se puede observar en la Figura 3 que las plántulas no presentan daños a consecuencia del sol, esto se debe a que la malla será actúa como un protector reduciendo el daño del sol (Tafuya et al. 2011).

Figura 3

Bandeja a los 12 días de desarrollo

**Figura 4**

Bandeja del resultado de la investigación de Gonzales K



Nota. Tomado de Gonzales (2019)

El bajo rendimiento obtenido durante los experimentos realizados tiene que ver mucho con los factores externos. Las bandejas se encontraban expuestas al aire libre donde eran vulnerables a pájaros, ratones entre otros. El viento también perjudicó mucho a las plántulas puesto que fuertes vientos llegan a dañar la epidermis foliar. Del mismo modo el viento llega a traer partículas del suelo sobre las plantas que produce pulido de la superficie foliar (Golberg 2010).

El buen desempeño obtenido por parte de las otras investigaciones es debido al microclima generado en el invernadero. Bajo condiciones controladas se puede obtener condiciones más favorables para que la plántula tenga un mejor desempeño. Mayor humedad, luz, riegos automatizados, temperatura y niveles de CO₂ son algunos de los factores que se pueden controlar en los invernaderos (Lorenzo 2012).

Conclusiones

Se determinó que el uso de perforaciones en la bandeja es muy importante para prevenir que las semillas se pudran.

Bajo las condiciones en este estudio, se determinó que se obtiene un mejor rendimiento con la densidad de 9.2 kg/m². Sin embargo, con la densidad de 4.2 kg/m² se tiene una mejor conversión de biomasa por kilogramo de semilla.

Se determinó que con 24 horas de remojo se obtuvo un mejor rendimiento en comparación con 48 horas de remojo.

Recomendaciones

Para un mejor rendimiento en la producción de forraje verde hidropónico se recomienda realizar la producción en invernaderos.

Tener una estructura adecuada para colocar las bandejas en columnas con una inclinación leve para que así el agua baje a la bandeja inferior.

Hacer análisis bromatológicos del FVH para conocer su valor nutritivo en las condiciones del estudio.

Realizar investigaciones incluyendo el FVH en la alimentación de rumiantes.

Referencias

- Bayer. 2015. Etapas de crecimiento y sumas térmicas (GDU) del maíz dulce. Mexico: Seminis; [consultado el 4 de may. de 2021]. <https://www.seminis.mx/recursos/agronomic-spotlights/etapas-de-crecimiento-y-sumas-termicas-gdu-del-maiz-dulce/>.
- Cruz Cruz A. 2005. Efectos de abonos orgánicos en el rendimiento y la calidad del forraje verde hidropónico [Tesis]. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico: Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro"; [consultado el 19 de abr. de 2021]. <https://cutt.ly/iQMCszt>.
- Golberg A. 2010. El viento y la vida de las plantas. *Revistas de la Facultad de Ciencias Agrarias*; [consultado el 18 de jul. de 2021]. 42(1):221–243. <https://www.redalyc.org/pdf/3828/382837646017.pdf>.
- Gonzales K. 2019. Forraje Verde Hidropónico (F.V.H) para la Alimentación de Animales. [sin lugar]: [sin editorial]; [consultado el 2 de ago. de 2021]. <https://infopastosyforrajes.com/suplementacion/forraje-verde-hidroponico/>.
- Juárez P, Morales H, Sandoval M, Gomez A, Cruz E, Juárez C, Aguirre J, Alejo-Santiago G, Ortiz M. 2013. Producción de forraje verde hidropónico. *Revista Fuente Nueva Época*; [consultado el 29 de jul. de 2021]. 4(13):16–26. <https://cutt.ly/iQMCfpk>.
- Lilia S, Esparza JR, Preciado P, Alvarez V, Meza J, Velazquez J, Murillo M. 2012. Rendimiento, calidad nutricional, contenido fenólico y capacidad antioxidante de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) producido en invernadero bajo fertilización orgánica. *Interciencia*; [consultado el 19 de jul. de 2021]. 37(3):215–220. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33922725009.pdf>.
- Lorenzo P. 2012. El cultivo en invernadero y su relación con el clima. *Cuadernos de Estudios Agroalimentarios*; [consultado el 19 de jul. de 2021]. 23–44. <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones-periodicas/cuadernos-de-estudios-agroalimentarios-cea/3/3-536.pdf>.
- Mejia Suazo DA, Reyes Zelaya NA. 2020. Exploracion para la produccion de forraje verde hidroponico de maiz y sorgo para la alimentacion de ganado lechero [Tesis]. Honduras: Escuela Agricola Panamericana, Zamorano. 35 p; [consultado el 29 de jul. de 2021]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6790/1/CPA-2020-T073.pdf>.
- Moreno I. 2018. Evaluación nutricional y económica de la producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays*) empleando grano comercial [Tesis]. Costa Rica: Universidad Nacional; [consultado el 28 de jul. de 2021]. https://repositorio.una.ac.cr/bitstream/handle/11056/14958/TFG_Isaac%20Moreno%20Alvarado.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Palacios R. 2000. Efecto de iones y otros factores físicos sobre la germinación de semillas. *Journal of the Mexican Chemical Society*; [consultado el 19 de jul. de 2021]. 44(3):233–236. <https://www.redalyc.org/pdf/475/47544311.pdf>.
- Ramirez C, Soto F, Ramírez Viquez C, Soto Bravo F. 2017. Efecto de la nutrición mineral sobre la producción de forraje verde hidropónico de maíz. *Agronomía Costarricense*. 41(2):79–91. doi:10.15517/rac.v41i2.31301.
- Rivera A, Moronta M, Gonzalez M, Gonzalez D, Perdomo D, Garcia D, Hernandez G. 2010. Producción de forraje verde hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) en condiciones de iluminación deficiente.

- Zootecnia Tropical; [consultado el 18 de jul. de 2021]. 28(1):33–41. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0798-72692010000100005&script=sci_arttext.
- Salazar E. 2005. Forraje verde hidroponico: Una alternativa para la alimentacion animal. ECAG informa; [consultado el 23 de may. de 2021]. (32):36–39. <https://cutt.ly/iQMChGm>.
- Samaniego J. 2009. Cambio climático y desarrollo en America Latina y el Caribe: una reseña. Santiago, Chile: CEPAL. Documentos de Proyectos Informe no. 232; [consultado el 15 de jul. de 2021]. <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/3640>.
- Soto F, Ramirez C. 2018. Effect of mineral nutrition on the yield and bromatological characteristics of corn hydroponic green forage. Pastos y forrajes; [consultado el 16 de jul. de 2021]. 41(2):98–104. <https://cutt.ly/LQMXgeA>.
- Tafoya F, López D, López M, Ruvalcaba L, Alcaraz T, Valdés T, Sánchez J. 2011. Crecimiento y rendimiento de tomate en respuesta a radiación solar transmitida por mallas sombra. Terra Latinoamericana; [consultado el 20 de jul. de 2021]. 29(4):403–410. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792011000400403&script=sci_arttext.
- Valverde Y, Mera A, Castro C, Ortega J. 2017. Producción de forraje hidropónico de maíz (*Zea mays* L.) utilizando fertilizantes químicos y orgánicos. Journal of the Selva Andina Biosphere; [consultado el 18 de jul. de 2021]. 5(2):144–151. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2308-38592017000200009&script=sci_arttext.
- Zagal M, González S, Moreno S, Escalera F, Peña B, Carrillo F. 2016. Producción de forraje verde hidropónico de maíz con riego de agua cada 24 horas. Abanico Veterinario; [consultado el 29 de jul. de 2021]. 6(1):29–34. <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v6n1/2448-6132-av-6-01-00029.pdf>.

Anexos

Anexo A

Parcela donde se colocaron las bandejas del experimento 1



Anexo B

Semillas remojando en las bandejas de aluminio



Anexo C

Bandejas del experimento uno establecida y separada en grupos



Anexo D

Bandejas y establecimiento del experimento 2



Anexo E

Resultados de FVH al día 12

