

150
24

EFFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FOSFORO SOBRE
LA COMPOSICION QUIMICA Y TASAS DE
FERMENTACION DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA
(Avena sativa)

Tesis presentada ante la
División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

de la

Universidad Nacional Autónoma de México
Para la obtención del título de
Médico Veterinario Zootecnista

por

Jorge Francisco Manroy López

1990

Asesores:

M.V.Z. Juan Manuel Cervantes Sánchez
M.V.Z. Humberto Troncoso Altamirano

México, D.F.

1990

TESIS CON
FALTA DE ORDEN



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN.....	1
INTRODUCCION.....	2
MATERIAL Y METODOS.....	15
RESULTADOS.....	18
DISCUSION.....	20
LITERATURA CITADA.....	23
CUADROS.....	29
FIGURAS.....	32

RESUMEN

MONROY LOPEZ, JORGE FRANCISCO, "EFECTO DE DIFERENTES NIVELES DE FOSFORO SOBRE LA COMPOSICION BROMATOLOGICA Y TASAS DE FERMENTACION DE FORRAJE HIDROPONICO DE AVENA (*Avena sativa*)" (Bajo la dirección de: Juan Manuel Cervantes Sánchez y Humberto Troncoso Altamirano).

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar el efecto de diferentes niveles de fósforo sobre rendimientos, composición química y curvas de fermentación "in vitro" del forraje hidropónico de avena, con el fin de conocer un aspecto productivo de una forma alternativa de producción de alimentos. Se evaluó el rendimiento en base húmeda y en base seca de germinado de avena producido por hidroponia, regando con agua desmineralizada con niveles de concentración de fósforo de 0, 20, 40, 60 y 80 partes por millón, realizando posteriormente el análisis químico proximal y digestibilidad "in vitro", utilizando un diseño de parcelas divididas por tiempo a 0, 1, 2, 4, 8, 12 y 24 horas. De todos los resultados se realizaron análisis de varianza. Los resultados mostraron que la elevación en los niveles de fósforo tiende a aumentar el contenido de materia seca, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno y la digestibilidad "in vitro", mientras que disminuye los rendimientos en base húmeda y en base seca y los porcentajes de humedad y fibra cruda.

INTRODUCCION

La poca producción de forrajes que actualmente se obtiene de los recursos nacionales, así como su baja calidad nutritiva, son factores que se unifican para que la ganadería no produzca los volúmenes de alimento y productos pecuarios que se requieren para abastecer las necesidades de la población mexicana y de la industria. Por esta razón, para aspirar al desarrollo intensivo y rentable de la ganadería, es imperativo mejorar la capacidad de producción forrajera mediante la aplicación de las tecnologías modernas que cada caso en particular requiera (32).

En gran parte del país, el problema de la producción de alimentos de origen animal se agrava más durante la época de sequía, en la cual escasea el forraje verde, siendo éste sustituido por silo por aquellos que lo producen y dando un aporte extra de concentrado para llenar los requerimientos mínimos del animal; o en su defecto, pagar un sobreprecio por pastura verde si es que la hay en existencia (1, 9, 25).

Dentro de esta perspectiva, la técnica de producción de forraje germinado por hidroponía parece presentar característi

cas interesantes, como son el excelente control que se ejerce sobre el factor suelo, en lo que respecta a nutrientes, aereación y agua, que la pueden hacer viable en México (33).

Germinación es el fenómeno por el cual el embrión pasa del estado de vida latente en que se encuentra la semilla, a un estado de vida activa. En otras palabras, es el desarrollo y transformación del embrión en una nueva y pequeña planta (9, 30).

Hidroponía es un término relativamente nuevo generalmente acreditado al Dr. W. F. Gericke, quien fué el primero en desarrollar procedimientos para cultivar plantas en una solución nutritiva a gran escala en los años veinte (22).

La hidroponía tiene sus raíces en el trabajo de Woodward, un científico inglés que intentó cultivar plantas en agua en 1699. En el siglo XIX Jean Boussingault, un químico francés verificó los requerimientos nutricionales de plantas creciendo sin suelo, y por 1860, las técnicas de "nutricultura" fueron perfeccionadas por Seachs y Knop trabajando independientemente en Inglaterra. En los treinta y los cuarenta, varias estaciones experimentales de agricultura publicaron sobre es-

ta nueva afición. A fines de la segunda guerra mundial, la Armada de los Estados Unidos estaba produciendo más de cuatro millones de libras de vegetales por métodos hidropónicos al año (22, 33).

Los germinados inducidos se han utilizado en la alimentación del hombre desde hace más de cinco mil años, primero por los chinos y posteriormente por distintas civilizaciones como la romana y la griega, que consumían el germinado de la semilla de linaza (9, 11).

El cultivo de forrajes por este método, sin embargo, se desarrolló en forma independiente. Hace aproximadamente un siglo, los granjeros europeos trabajaron con germinados para producción invernal de leche y de ahí pasó a los Estados Unidos en los cincuentas. A partir de 1960, el inventor americano Iván Z. Martin desarrolló un sistema con todas las condiciones controladas (22, 33).

La producción de forraje en hidroponía consiste básicamente, en germinar gramíneas (cereales) durante un período de seis a 10 días, ya sea con o sin control de temperatura, humedad relativa, luz y ventilación. Lo esencial es el control que se g

jerce sobre el agua y los nutrientes. Las plantas, durante ese período, multiplican de cinco a diez veces el peso de la semilla, alcanzando una altura de 20 a 25 cm, con un consumo de fertilizantes mínimo (4, 10, 12, 17, 20, 33).

Comparando los forrajes tradicionales con los germinados por medio de la hidroponia, se puede observar que éstos contienen mayor cantidad de proteína e igual o mayor contenido de energía, así como una menor cantidad de fibra cruda, lo que influye para que los animales tengan un mayor aporte de nutrientes por gramo de alimento y que a la vez sea mayor su digestibilidad por su menor contenido de fibra, lo que hace que su valor nutritivo sea incluso superior al de la alfalfa, conocida como la reina de los forrajes (8).

Pocos son los trabajos reportados respecto a la determinación del valor nutritivo del pasto producido en hidroponia. Sin embargo, hay coincidencia en que su valor es bueno tanto en opiniones de rancheros que lo han utilizado, como de investigadores y casas comerciales que han realizado algunas pruebas. Tomando datos de varios análisis químicos reportados, el forraje producido en hidroponia contiene de 8.8 a 13.4 % de materia seca, de 18.31 a 26.3 % de proteína cruda, aproximadamente un

80 % de nutrientes digestibles totales y un alto contenido de beta-caroteno (16, 17, 19, 20, 27, 33).

La producción de forraje en hidroponía, bajo control de temperatura, iluminación, humedad relativa, densidad, humedad, nutrición y buena calidad de semilla, alcanza un rendimiento de 10 a 20 veces el peso de la semilla en pasto fresco y una altura de 20 cm. aproximadamente, en un período de siete a diez días. La literatura reporta conversiones de semilla a forraje verde de 1 : 5 hasta 1 : 12 (2, 4, 7, 12, 16, 17, 19, 31, 33).

En términos generales, las unidades para la producción de forraje en hidroponía consisten en pequeñas bandejas o recipientes que faciliten la maniobra continua y a las cuales se les pueda suministrar solución nutritiva, ya sea por riego constante o por aspersiones (33).

La investigación efectuada en Inglaterra muestra que las plantas pueden prosperar en una variedad amplia de concentraciones de la solución nutritiva. Las soluciones nutritivas son exclusivamente de compuestos inorgánicos. Los principales son: nitrato de calcio, nitrato de potasio, ácido fosfórico, fosfato de potasio o de amonio, sulfato de magnesio y los microelementos

hierro, cobre, magnesio, zinc, boro y molibdeno, en formas inorgánicas (3).

Por la excelente calidad del tallo y su magnífico sabor, la avena es el principal grano para el alimento de animales en los climas húmedos. Ya que únicamente un 15 % de la producción se industrializa para consumo humano; en el mercado de granos la avena tiene un interés limitado, por lo que es el cereal que más material aporta para la alimentación animal. El anacollamiento formado durante su desarrollo y la proporción de hojas y tallos hacen de la avena un forraje de buena calidad que se puede beneficiar fácilmente. Sin embargo, la muerte de las plantas de avena está asociada con la temperatura del suelo en los primeros 2.5 cm de profundidad. Con temperaturas de 10 a 12 grados su crecimiento es continuo, y cesa a temperaturas de 44° centígrados. Además de que requiere mayor humedad en el suelo que el trigo y la cebada porque consume más agua que cualquier otro cereal para la síntesis de materia seca; responde bien al riego. Se desarrolla bien en suelos muy variados alcanzando su mayor producción en limcosos y aluviales. Su rango de pH en el suelo varía de 5 a 7 y es muy sensible a la salinidad (6, 15, 28).

En México, se dedica a este cultivo una superficie que varía de

90,000 a 130,000 hectáreas. De esta superficie, el 90 % es de temporal, por lo que los rendimientos son muy bajos. Chihuahua se considera la zona avenera de México, ya que se siembran entre 80 100 mil has.; además, se cultiva en Durango y el Estado de México principalmente. La cáscara constituye del 25 al 30 % del peso total del grano. La producción de forraje es de 50 a 60 toneladas por ha., aproximadamente, con 14.5 % de proteína; mientras que de grano son 3.7 toneladas/ha., teniendo un 19.3 % de proteína cruda (24).

El crecimiento de la planta de avena depende, al igual que la mayoría de los cultivos, de la humedad, temperatura, luz y de más factores del suelo y del medio ambiente. Dentro de éstos, la humedad y la temperatura, junto con la fertilización, son los factores más importantes que influyen en el poder de crecimiento de los cereales (6, 28).

El contenido total de proteína en los estados de hoja bandera y madurez es de 16.4 y 5 % respectivamente, la digestibilidad en vivo de materia seca y proteína cruda disminuye rápidamente después del estado masoso, siendo mayor esta disminución para proteína (6). Lecuona menciona que el contenido de proteína cruda en base seca para avena en germinados de 9 días es de 17.2 % (36).

La avena es consumida por el ganado en grandes cantidades pero es menos nutritiva que el trigo, la cebada y el centeno. El trigo vá a la cabeza en nutrientes digeribles y energía neta, siguiéndole el centeno y la cebada. La avena es rica en fibra y baja en nutrientes digeribles. Se reporta que su digestibilidad es de 46.9 % (6).

Las necesidades que tienen los cereales son muy parecidas, el elemento que más se usa es el nitrógeno, le sigue el fósforo, después el potasio, calcio, magnesio y azufre (6, 28). Sin embargo el aumento en el rendimiento de los cereales al incrementar las cantidades de fertilizantes es parcial, ya que en un trabajo realizado con avena, se observó que la producción en toneladas/ ha. de forraje seco no varió cuando se aplicaron 100, 150 y 200 kg de nitrógeno por ha, siendo superiores que cuando no se aplicó este elemento. No hubo diferencia estadísticamente significativa cuando se aplicaron 0 y 50 kg de fósforo por hectárea (6, 23).

El fósforo es clasificado como un macroelemento debido a que se requiere en grandes cantidades. Al igual que el nitrógeno, está presente en toda célula viva y es vital para todos los procesos metabólicos que tienen lugar en ella. El fósforo es

crítico para la planta porque forma parte de la molécula del adenosín-tri-fosfato (A.T.P.). También es componente de los fosfolípidos, ácidos nucleicos y las nucleoproteínas (8, 29). Además, es necesario para la fotosíntesis, las transferencias de energía dentro de la planta, y la síntesis y descomposición de los hidratos de carbono. Por otra parte, constituye una parte importante del núcleo de las células vegetales y se encuentra también en el citoplasma, siendo un elemento clave para el crecimiento y la división de las células concentrándose en los tejidos jóvenes en crecimiento activo. Como estos tejidos suelen ser los más apetecibles y nutritivos, rara vez se puede producir un forraje de alta calidad sin una aportación adecuada de fósforo. Es uno de los elementos nutritivos que faltan con más frecuencia en los suelos y, probablemente el que se aplica de un modo más universal a las cosechas forrajeras (21).

Las plantas absorben el fósforo en forma de ácido fosfórico, el cual es utilizado como una fuente de energía muy importante en todos los procesos bioquímicos (13, 14). Principalmente para la formación de nucleoproteínas (26, 34).

El fósforo es un nutriente vegetal imprescindible, puesto que participa en la constitución de las sustancias celulares necesarias para la vida; esto es: los nucleoprotidos, los fosfátidos, la fitina y los ésteres fosfóricos de los azúcares. Por ello no solamente es de importancia vital para la formación de sustancias propias del organismo, sino también para el metabolismo funcional, puesto que los hidratos de carbono del organismo tan solo se transforman o se oxidan después de estarificados con ácido fosfórico (34).

Son muy características las manifestaciones de carencia de fósforo en las plantas. Principalmente en el desarrollo vegetativo y en el generativo; sufren de modo especial los órganos reproductivos, lo que se traduce en la falta de desarrollo de semillas y frutos. En las hojas ocurre el fenómeno de la llamada hiperclorofilia, es decir: se colorean de verde oscuro, que puede volverse verde sucio-agrisado. Algunas veces ocurre también formación de antocianos (glucósidos antocianicos) y las hojas muestran coloración parda rojiza. Mientras que en una planta con nutrición normal de fósforo la madurez se acelera, la carencia de fósforo la retrasa. Además la planta carente de fósforo muestra rigidez (34).

Los compuestos de fósforo están muy difundidos en la planta joven, mientras que en el proceso de maduración gran parte de los fosfatos inorgánicos se transforman en fitina. Es claro que si falta fósforo no pueden formarse nucleoprotidos ni fosfátidos. Si se aumenta la adición de fosfatos, sube el contenido de fosfatos inorgánicos en las hojas, pero apenas aumenta el de fosfátidos y no varía el de las proteínas fosforadas. Parece que el ión fosfato ayuda a la conservación del grado correcto de imbibición de los coloides del plasma. El ión fosfato en sus transformaciones fisiológicas queda inalterado y se incorpora como tal inmediatamente en las sustancias orgánicas. En las fosfoproteínas está el ácido fosfórico enlazado con aminoácidos; en los ácidos nucleicos que son el componente característico de las nucleoproteínas, está esterificado con un hidrato de carbono enlazado con una base de purina o de pirimidina. La fitina es la sal cálcica del ácido inositol fosfórico, mientras que en los fosfátidos el componente principal es el éster del ácido glicérfosfórico, enlazado con ácidos grasos y una base de amonio (colina, colamina) (34).

Así mismo, el fósforo es activador de algunas enzimas al acelerar la tasa de sus reacciones. Se acumula principalmente en los tejidos activos (participando en los procesos de síntesis y reg

piración), los meristemas (puntos de división celular), semillas y frutos (8, 29).

Dado que la mayoría de los trabajos sobre hidroponía están orientados hacia la floricultura y la horticultura, y que las fórmulas de las soluciones nutritivas se aplican a la producción hidropónica de cereales sin previa comprobación, es necesario determinar los niveles óptimos de los minerales utilizados. Por este motivo se realizó este trabajo con el fin de determinar el nivel más adecuado en estas condiciones.

Objetivos.

1. Determinar el efecto de diferentes niveles de fósforo sobre rendimientos de forraje hidropónico de avena.
2. Evaluar el efecto de diferentes niveles de fósforo sobre la composición química del forraje hidropónico de avena.
3. Evaluar el efecto del fósforo sobre las curvas de fermentación "in vitro" del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis.

Hipótesis causal: El nivel de fósforo determina el rendimiento del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis estadística: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

H_a : al menos un tratamiento es diferente

Hipótesis causal: El nivel de fósforo determina la composición química del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis estadística: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

H_a : al menos un tratamiento es diferente

Hipótesis causal: El nivel de fósforo determina la curva de fermentación del forraje hidropónico de avena.

Hipótesis estadística: $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

H_a : al menos un tratamiento es diferente

MATERIAL Y METODOS.

El trabajo constó de dos etapas: Etapa 1: Evaluación del rendimiento, que se llevó a cabo en el invernadero del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Etapa 2: Caracterización bromatológica y curvas de fermentación "in vitro", que se llevó a cabo en el laboratorio del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM.

Etapa 1: Se utilizaron 9.6 kg de avena repartidos en 5 tratamientos:

- T1 1.92 kg de avena (riego con H₂O desmineralizada)
- T2 1.92 kg de avena (riego con H₂O desm. + 20 ppm de fósforo)
- T3 1.92 kg de avena (riego con H₂O desm. + 40 ppm de fósforo)
- T4 1.92 kg de avena (riego con H₂O desm. + 60 ppm de fósforo)
- T5 1.92 kg de avena (riego con H₂O desm. + 80 ppm de fósforo)

Los 1.92 kg de cada tratamiento fueron repartidos en cuatro repeticiones consistentes en charolas adaptadas para hidroponía de 30 x 20 cm y capacidad para 480 g de semilla remojada durante 24 horas. Se utilizó un diseño completamente al azar. Fué sg

guida la técnica de cultivo en solución nutritiva (33), regando los primeros tres días con agua con cal con el fin de evitar la proliferación de hongos y cubriendo con plástico negro con el objeto de estimular la germinación. Posteriormente, se regó con agua desmineralizada, a las diferentes concentraciones dependiendo del tratamiento, tres veces al día. Una vez obtenida la cosecha se sacó de la charola para determinar el rendimiento en verde, después se deshidrató en una estufa de aire forzado a 60 grados durante tres días, para su posterior molido en molino marca Willey a sesenta mallas a fin de obtener el rendimiento en base seca. Los promedios de los tratamientos fueron sometidos a la prueba de Tukey con una $P < 0.05$ (35).

Los parámetros evaluados en esta etapa fueron: Relación grano-grano/grano-forraje en verde y en base seca.

Etapa 2: Para la caracterización bromatológica se determinó: Materia seca (M.S.), humedad (H.), Proteína cruda (P.C.), Extracto etéreo (E.E.), Fibra cruda (F.C.), Extracto libre de Nitrógeno (E.L.N.) y Cenizas (C.), según Harris (18). Para determinar las curvas de fermentación se empleó la técnica de Tilley y Terry modificada por Bórquez y Riquelme (5), a diferentes tiempos de incubación (0, 1, 2, 4, 8, 12 y 24 h.). En

este caso se utilizó un diseño de parcelas divididas por tiempo y los resultados se compararon entre sí mediante la prueba de Tukey mencionada previamente.

Los parámetros a evaluar fueron: porcentaje de M.S., H., P.C., E.E., F.C., E.L.N. y C. Además, digestibilidad "in vitro" en función de tiempo.

RESULTADOS

Como se observó en el cuadro 1, el mayor rendimiento en base húmeda se obtuvo con el tratamiento 1 y fué de 1: 5.21, siendo el menor de 1: 4.79 en el tratamiento 3. Para base seca, el valor más alto fué de 1: 1.29 en el tratamiento 2 y el más bajo en los tratamientos 4 y 5 con 1: 1.24. En ninguno de los casos se encontró diferencia estadísticamente significativa, aunque en ambos fué posible observar una tendencia descendente (Figuras 1 A y 1 B).

Los resultados de la caracterización bromatológica (Cuadro 2), muestran que el tratamiento con menor contenido de humedad y mayor de materia seca fué el 5 con 87.7 % y 12.3 % respectivamente, y el que tuvo mayor humedad con menor materia seca fué el 1 con 89.02 y 10.98 %. En este caso la tendencia fué ascendente para M.S. (Figuras 2 A y 2 B). El tratamiento 5 tuvo el máximo valor para P.C., con 16.68 %, en tanto que el 3 tuvo el menor con 15.90 %, hallándose una tendencia ascendente, sin diferencias significativas (Figura 3). Los valores de extracto etéreo y cenizas no tuvieron diferencias estadísticas y no se encontraron tendencias.

El dato más alto de Fibra cruda lo presentó el tratamiento 1 con 29.92 % y el más bajo fué de 26.32 en el tratamiento 5, la tendencia en este caso fué negativa y sí hubo diferencia significativa entre ambos datos. (Figura 4). De igual forma, en extracto libre de nitrógeno se hallaron diferencias estadísticas entre los tratamientos 3 (46.38 %) y 5 (46.53 %) con respecto al 2 (42.78 %) teniendo una tendencia irregular ascendente (Figura 5).

El cuadro 3 presenta el resultado de las curvas de fermentación. A las 24 horas se observa que el tratamiento 5 tiene el porcentaje mayor de digestibilidad con 64.66 %, siendo el menor el 1 con 63.25 %. No hubo diferencias significativas, hallándose una tendencia ascendente (Figura 6).

DISCUSION

Los resultados muestran que la cantidad de fósforo suministrada en el agua de riego para forraje hidropónico de avena, influye directamente con el porcentaje de materia seca, proteína cruda, extracto libre de nitrógeno y digestibilidad "in vitro", pero inversamente con el rendimiento, tanto en base húmeda como en base seca, porcentaje de fibra cruda y de humedad.

Es probable que lo anterior sea debido a la participación del fósforo en los procesos que requieren de un alto consumo de energía tales como la fotosíntesis y en la elaboración de proteínas.

Es conveniente recordar que únicamente se suministró agua desmineralizada con diversas concentraciones de fósforo y tal vez se hubieran presentado resultados más dramáticos añadiendo una fuente de nitrógeno, ya que éste es parte fundamental de las proteínas, a tal punto que la proteína cruda se define como el contenido de nitrógeno multiplicado por 6.25 (5, 6, 15, 18).

Los resultados de rendimiento en base húmeda fueron coincidentes con los de otros autores (2, 4, 7, 10, 12, 16, 17, 19, 20, 31, 33) que reportan desde 5 hasta 12 por uno.

Cervantes, Franke, Harris, Hillier, Hoag Ranch, Merlo, Robles, Sánchez Mondragón y Sánchez del Castillo y Lecuona citado por Villaseñor, mencionan que en general el nivel de proteína de los germinados hidropónicos es superior al de las semillas que los originan, e inferior el porcentaje de fibra cruda, lo cual coincide con lo observado en este trabajo (8, 16, 17, 19, 20, 24, 27, 28, 33, 36).

Scharrer señala que el fósforo es utilizado como fuente de energía para varios procesos, principalmente la formación de nucleoproteínas (34), lo cual es coincidente con la tendencia mostrada en los resultados, donde a mayor cantidad de fósforo, mayor cantidad de proteína. El mismo autor menciona que este mineral favorece la digestibilidad de las plantas al conservar el grado de imbibición de los coloides del plasma y disminuir el porcentaje de fibra cruda, y en los resultados fueron observadas tendencias en ese sentido, hallándose incluso diferencias significativas para fibra cruda.

Se observa que niveles de 80 ppm de fósforo en el agua de riego para forraje hidropónico de avena elevan, aunque sea en forma mínima, los niveles de proteína cruda, disminuyen la fibra y aumentan la digestibilidad; pero también disminuye el rendimiento tanto en base seca como en base húmeda. Pese a esto, se recomienda como la mejor concentración de fósforo, debido a los resultados obtenidos. Sin embargo, es conveniente realizar estudios de correlación comparando diferentes concentraciones de fósforo y nitrógeno a fin de establecer el nivel óptimo de estos minerales como nutrientes y conocer el grado ideal, de acuerdo a las necesidades de cada forraje.

Se recomienda continuar estudios similares utilizando diferentes forrajes, así como la realización de pruebas "in vivo", ya que la digestibilidad, la composición bromatológica y el rendimiento no son los únicos factores a considerar. Se debe conocer la palatabilidad de este tipo de forrajes por parte del ganado.

Sin ser la panacea para la nutrición animal, la hidroponia demuestra ser una forma alternativa de producción de alimentos que mejora en ciertos aspectos las características de los forrajes y que merece más investigación.

LITERATURA CITADA

1. Alba, J.: Alimentación del ganado en América Latina. La Prensa Médica Mexicana. México, 1980.
2. Alvarado, S.R.: Estudio de fertilización y humedad en praderas tecnificadas. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, 1970.
3. Anónimo: Hidroponía. Láminas líquidas alimentan cultivo. Agricultura de las Américas. 30, (12): 54-55 (1961).
4. Bentley, M.: Commercial hydroponics, facts and figures. Bandon Books. Johannesburg, 1959.
5. Bórquez, G. J. L. y Riquelme, E.: Formulación de raciones para ruminantes en base a la tasa de fermentación *in vitro* de los ingredientes. Memoria VIII Reunión ALPA. ALPA. Sto. Domingo, 1981.
6. Castrejón, P.F.A.: Ensayo de rendimiento y comparación de la producción de materia seca (MS), proteína cruda (PC) y total de nutrientes digestibles (TND) de cinco cereales forrajeros en el C.N.E.I.E.Z. Tesis de Licenciatura. Pac. de

- Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1981.
7. Castro, A. L.: Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales evaluados en diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, 1979.
 8. Cervantes, S.J.M.: Alimentación animal a base de pasto fresco producido por medio de un sistema de hidroponía adaptado. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1988. Mimeo.
 9. Chanona, F.M.A.: Estudio comparativo de la utilización de diferentes niveles de germinado de cebada en la alimentación del ganado lechero. Tesis de licenciatura. Fac. de Med. Vet. y Zoot. Universidad Nacional Autónoma de México. México, 1983.
 10. Departamento de zonas áridas: Hidroponía. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, 1978. Mimeo.
 11. Domínguez de Díez, G.: Los germinados. Editorial Posada. Mé

xico, 1979.

12. Douglas, S. J.: Advanced guide to hydroponics. Drake Publishers Inc. New York, 1976.
13. Evans, L. T.: Environmental control of plant growth. Academic Press London and New York. New York, 1963.
14. Fassbender, H. W. y Bornemisza, E.: Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica, 1987.
15. Flores, M. J. A.: Bromatología animal. 2a. Ed. Editorial Limusa. México, 1978.
16. Franke, W.: About the formation of vitamin C in forage produced in germination incubators. Landw. Forsh. 15 (1): 96-101 (1962).
17. Harris, D.A.: Commercial hydroponic fodder growing in South Africa. Third International Congress on Soilless Culture. 3th. Int. Cong. Soil. Cult. pp. 75-82. Sassari, 1973.

18. Harris, L.E.: Métodos para análisis químico y la evaluación biológica de alimentos para animales. Center for Tropical Agriculture feed composition, University of Florida, Gainesville, 1970.
19. Hillier, R. J. and Perry, T. W.: Effect of light and nutrient levels on 14 C-benzoylpropethyl metabolism and growth inhibition in wild oat. Weed Research, 18 (4): 223-230 (1969).
20. Hoag Ranch: Report on use of hydroponic grass. H.R., San Miguel, Calif., 1973.
21. Hughes, H. M.: Forrajes. Compañía Editorial Continental, S. A., México, 1966.
22. Judd, I. and Matthews, J.: Hydroponic grasses: new feed for cattle? Animal Nutrition & Health, 29 (4): 18-19 (1974).
23. Martínez, P. R.A.: Influencia de la madurez al corte en el rendimiento y calidad de avena forrajera. Informe de Investigación Agrícola, Invierno 1970-1971. CIANE. Matamoros de la Laguna, Coah. (1971).

24. Merlo, C. H. y Robles, R.S.: Cultivo de la avena (Avena sativa), producción de granos y forrajes. Editorial Limasa. México, 1975.
25. Morrison, F.B.: Compendio de alimentación del ganado. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México, 1977.
26. Murray, G. A. and Benson, J. A.: Cat response to manganese and zinc. Agron. J., (68):615-616 (1976).
27. Pellet, H. M. and Roberts, E. C.: Effects of mineral nutrition of high temperature induced growth retardation of Kentucky bluegrass. Agron. J. (55): 473-476 (1963).
28. Robles, S. R.: Producción de granos y forrajes. Tomo II. I. F.E.S.M. Monterrey, 1974.
29. Rodríguez, S. F.: Fertilizantes, nutrición vegetal. A.G.T. Editor, S.A. México, 1982.
30. Ruiz-Orozco, M. y Nieto, R.D.: Botánica. Editorial Esalca. México, 1979.

31. S.A.G.: Plan Agrícola Nacional III. Secretaría de Agricultura y Ganadería. México, 1975.
32. Sánchez-Durán, A.: Tecnificación de la ganadería mexicana. Editorial Limusa. México, 1984.
33. Sánchez-Mondragón, A. y Sánchez del Castillo, F.: Estudio preliminar de la técnica de producción intensiva de forraje en hidroponía. Chapingo, Nueva Época, (27 y 28): 68 y 75. Chapingo (1981).
34. Scharrer, K.: Química agrícola. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. México, 1960.
35. Steel, R. G.D. and Torrie, J.H.: Principles and procedures of statistics. McGraw-Hill Book Company, Inc, New York, 1960.
36. Villaseñor, M.A.: La alfombra mágica de germinado. Síntesis Lachera. 4 (10): 35-39 (1989).

CUADRO No. 1

RENDIMIENTO EN BASE SECA Y EN BASE HUMEDA DE GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA REGADO CON AGUA DESMINERALIZADA A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FOSFORO (0, 20, 40, 60 y 80 p.p.m.).

TRATAMIENTO*	1	2	3	4	5
RENDIMIENTO EN BASE HUMEDA	5.21:1	5.08:1	4.79:1	4.96:1	4.81:1
RENDIMIENTO EN BASE SECA	1.28:1	1.29:1	1.27:1	1.24:1	1.24:1

- (*) TRATAMIENTO 1= H₂O + 0 ppm de fósforo
 2= H₂O + 20 ppm de fósforo
 3= H₂O + 40 ppm de fósforo
 4= H₂O + 60 ppm de fósforo
 5= H₂O + 80 ppm de fósforo

CUADRO No. 2

CARACTERIZACION BROMATOLOGICA DE GERMINADO HIDROPONICO DE AVE
 NA REGADO CON AGUA DEEMINERALIZADA A DIFERENTES CONCENTRACIONES
 DE FOSFORO (0, 20, 40, 60 y 80 p.p.m.).

TRATAMIENTO*	1	2	3	4	5
HUMEDAD %	89.02	88.62	87.72	88.75	87.70
MATERIA SECA %	10.98	11.38	12.28	11.25	12.30
PROTEINA CRUDA % (N x 6.25)	16.46	16.59	15.90	16.67	16.68
FIBRA CRUDA %	29.02	29.00	28.96	28.50	26.32
EXTRACTO LIBRE DE NITROGENO %	43.91	42.78	46.38	44.09	46.53
EXTRACTO ESTEREO %	4.97	5.90	3.61	4.62	5.22
CENIZAS %	5.63	5.72	5.14	6.10	5.24

- (*) TRATAMIENTO 1 = H₂O + 0 ppm de fósforo
 2 = H₂O + 20 ppm de fósforo
 3 = H₂O + 40 ppm de fósforo
 4 = H₂O + 60 ppm de fósforo
 5 = H₂O + 80 ppm de fósforo

CUADRO No. 3

DIGESTIBILIDAD "IN VITRO" DE GERMINADO HIDROPONICO DE AVENA RE
GADO A DIFERENTES CONCENTRACIONES DE FOSFORO (0, 20, 40, 60 y
80 ppm).

TRATAMIENTO*	1	2	3	4	5
% DE DIGESTIBILIDAD EN 1 HORA	41.01	40.89	40.95	41.65	40.80
% DE DIGESTIBILIDAD EN 2 HORAS	44.25	44.16	42.99	43.50	44.06
% DE DIGESTIBILIDAD EN 4 HORAS	46.41	45.89	46.20	45.95	46.38
% DE DIGESTIBILIDAD EN 8 HORAS	50.04	49.99	50.10	50.23	50.96
% DE DIGESTIBILIDAD EN 12 HORAS	51.94	52.40	52.35	52.52	52.86
% DE DIGESTIBILIDAD EN 24 HORAS	63.25	63.87	64.05	64.53	64.66

- (*) TRATAMIENTO 1 = H₂O + 0 ppm de fósforo
 2 = H₂O + 20 ppm de fósforo
 3 = H₂O + 40 ppm de fósforo
 4 = H₂O + 60 ppm de fósforo
 5 = H₂O + 80 ppm de fósforo

Figura No. 1 A

Tendencia de rendimiento en base seca de forraje hidropónico de avena.

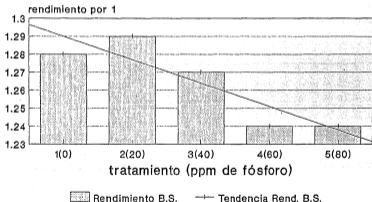


Figura No. 1 B

Tendencia de rendimiento en base húmeda de forraje hidropónico de avena.

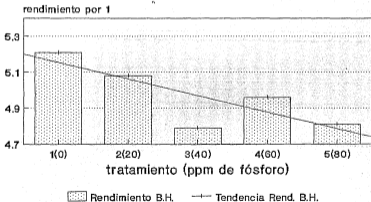


Figura No. 2 A
Tendencia de humedad en germinado
hidropónico de avena.

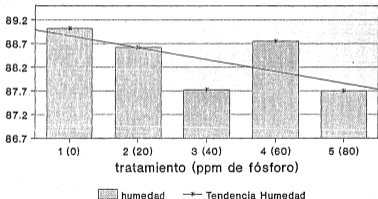


Figura No. 2 B
Tendencia de materia seca en
germinado hidropónico de avena.

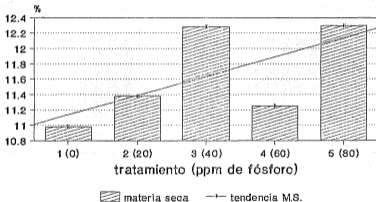


Figura No. 3

Tendencia de proteína cruda en germinado hidropónico de avena.

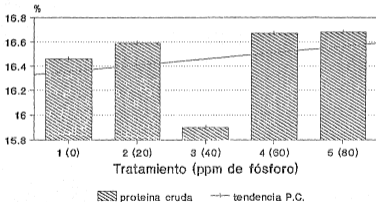


Figura No. 4

Tendencia de fibra cruda en germinado hidropónico de avena.

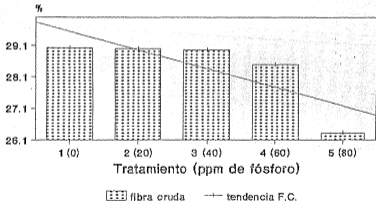


Figura No. 5

Tendencia de extracto libre de nitrógeno en germinado hidropónico de avena.

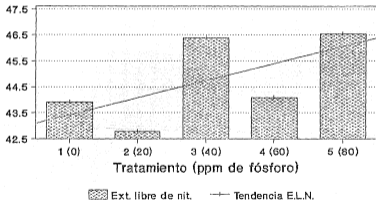


Figura No. 6

Tendencia de digestibilidad "in vitro" a 24 h de forraje hidropónico de avena.

