

INFLUENCIA DE NITROGENO, FOSFORO Y POTASIO EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DE LA ALFALFA. (Medicago sativa L.).

Tesis

Sometida a la consideración de la
Escuela de Agricultura y Ganadería

de la

Universidad de Sonora

por

Fernando Gilberto Curlango Limón

Como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero Agrónomo.

Diciembre de 1970.

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

INDICE

	Pag.
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
MATERIAL Y METODOS.....	17
RESULTADOS.....	20
DISCUSION.....	27
RESUMEN Y CONCLUSIONES.....	30
BIBLIOGRAFIA.....	32

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio para cada tratamiento.....	19
Cuadro 2. Rendimiento total de alfalfa en verde, en Kgs/Parcela útil y producción calculada en toneladas por Hectárea, por tratamiento.....	20
Cuadro 3. Rendimiento total de alfalfa por corte y fecha del mismo en una área de 1,440 m ²	21
Cuadro 4. Análisis estadístico con la producción de 8 cortes método de totales. Análisis de varianza.....	23
Cuadro 5. Interpretación estadística con el porcentaje de proteína de 8 cortes. Análisis de varianza.....	24
Cuadro 6. Porcentaje de proteína por corte y porcentaje promedio por tratamiento.....	25
Cuadro 7. Precipitaciones pluviales en mm. y temperaturas medias mensuales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento.....	26

INTRODUCCION

En los ultimos años la explotación ganadera ha experimentado un desarrollo substancial, no solo por el incremento en el número de cabezas sino por la calidad de los productos pecuarios. Este incremento podría facilitar en parte la diversificación de la agricultura, a través de la demanda de forraje.

En zonas de riego la producción forrajera deberá ser intensiva para justificar el máximo aprovechamiento de la tierra y esto solo se consigue con el cultivo de especies y variedad tanto de pastoreo como de corte.

Los forrajes de corte son plantas apetecidas por el ganado y con altos rendimientos por unidad de superficie y su aprovechamiento mas adecuado es en verde picado, en silado o henificado.

La alfalfa es un forraje de corte, de las mas importantes por su adaptación a las diversas condiciones de clima y suelo, y cuando se maneja en forma apropiada rinde ganancias que compiten con las de las mejores cosechas.

Esta leguminosa es uno de los forrajes de mayor aceptación y demanda en nuestro medio; por su alto valor nutritivo, por los beneficios que acarrea a los suelos, mejorando la estructura, ayudando a la aereación, drenaje, disgregación en terrenos pesados mientras en los suelos ligeros le da mayor compactación, aumenta el contenido

do de materia orgánica y fija gran cantidad de Nitrógeno del aire que enriquece los terrenos en que se cultiva. Además por su larga duración evitando la escasez de forraje en épocas críticas.

Hoy en día existe la necesidad de contar con técnicas adecuadas para una mayor producción y calidad de este forraje. Las prácticas de fertilización es una de las técnicas que podría satisfacer dichas necesidades.

Por todo lo anterior, se planeó el presente trabajo cuya finalidad es la de conocer la respuesta del cultivo de alfalfa a diferentes dosis de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio.

LITERATURA REVISADA

La alfalfa es una leguminosa perenne que en condiciones ideales puede conservarse hasta por mas de 30 años. Después de la germinación, las plantitas emergen en los siguientes 7 a 10 días; tienen una raíz típica con gran poder de penetración alcanzando profundidades hasta de 6 ó mas metros, los tallos parten por lo general de las yemas de la corona y en plantas que han llegado a la madurez ocasionalmente pueden emerger de yemas axilares; la corona es un ensanchamiento de la raíz de donde parten los tallos. Las hojas se componen de tres foliolos y son alternas por su posición al tallo. La inflorescencia es un racimo, de color morado en las variedades comerciales, que puede ser amarilla en especies silvestre. El fruto es una vaina en espiral; la semilla es pequeña y reuniforme (41).

La alfalfa produce altos rendimientos en todos los tipos de suelo desde arenosos hasta de textura fina arcilloso. Las mejores producciones las alcanza en suelos bien drenados y migajones profundos, que tengan una alta capacidad de absorción y retención de agua. Los suelos arenosos pueden producir buenos cultivos de alfalfa cuando se fertilice y riegue adecuadamente (41).

El cultivo de la alfalfa presenta mayor desarrollo en suelos limo-arenoso, calcareos, con alto contenido de Fósforo y Potasio, con un pH que oscile entre 6.5 a 7.2;

además requiere de una buena inoculación (19, 31).

El Nitrógeno es un nutriente universalmente requerido por las plantas para obtener altas producciones, es un elemento Macro-nutriente, sus funciones son necesarias en componentes biológicos importantes como molécula, proteínas, aminoácidos y coenzimas (29).

✓ Todas las células de las plantas requieren Nitrógeno para su formación y funciones. Los núcleos y condriosomas o mitocondrias son estructuras que contienen Nitrógeno y viven en las células de las plantas. El Nitrógeno también entra en la estructura de la clorofila, aminoácidos, amidas, alcaloides, proteína y el protoplasma de la planta. Fomenta el desarrollo vegetativo, produce un rápido crecimiento, incrementa el color verde de las plantas, incrementa el contenido de proteína en varias partes de la planta y favorece la producción de semilla (42).

El Fósforo es un elemento esencial Macro-nutriente constituyente de todas las células vivas, primeramente entra en la transformación y conservación de energía en las reacciones metabólicas de las células vivas. Entra en la síntesis del ácido desoxiribonucleico y ácido ribonucleico, entra en la composición de fosfolípidos y ácidos nucleicos, con proteínas resulta en la formación de nucleoproteínas las cuales son importantes constituyentes del núcleo de las células. Es necesario en las eta-

pas tempranas de desarrollo de la planta principalmente raíces (42, 16).

El Potasio es un elemento esencial para el crecimiento de las células. Este es uno de los muchos elementos considerados esenciales para una larga vida de la planta. El Potasio contribuye a la absorción de nitratos y Fósforo bajo ciertas condiciones y contribuye a la resistencia de enfermedades (42).

Las regiones jóvenes y activas en crecimiento como yemas, hojas tiernas y puntas de las raíces, son siempre ricas en Potasio; mientras que la proporción en semillas y tejidos inmaduros es relativamente baja. La función fundamental de este elemento, es ser regulador o catalítico, su función específica es obscura, pero, según estudios en deficiencia de este elemento, se cree que interviene en la síntesis de proteínas. También entra en procesos enzimáticos, tales como la quinasa del ácido pirúvico y la trans-acetilasa (16, 29).

✓ Los compuestos de Nitrógeno inorgánico son absorbidos y acumulados rápidamente en tejidos cuando los fosfatos son bajos. Cuando los fosfatos son abundantes la absorción de Nitrógeno por la raíz es reducida. Existe una mayor absorción de fosfatos cuando el Nitrógeno aplicado lo es en forma orgánica que cuando es Nitrato (16).

No obstante que la alfalfa Townsville (*Stylosanthes humilis*) se establece y extiende en suelos infértiles, la aplicación de fertilizantes contribuye a un señalado in-

cremento en su desarrollo (23).

Se ha estimado que en un año de crecimiento de un alfalfar daría 150 a 260 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea al suelo (34).

✓ La aplicación de Nitrógeno a plantaciones, es recomendada para leguminosas de semilla pequeña, tal como la alfalfa, o en suelos ligeros (2).

El Nitrógeno aplicado durante el período de floración incrementó la producción de semilla, Nitrógeno, almidón y el contenido de glucosa en los brotes; excepto en el primer año del experimento cuando las condiciones meteorológicas fueron muy favorables para la fotosíntesis y Simbiosis (39).

x ✓ En una prueba efectuada en la Universidad de Pensyl^lvania, donde se aplicó Nitrógeno en dosis de 28, 56, 112 y 224 kilogramos por Hectárea, se observó que las altas dosis incrementaron la producción, pero no tuvieron efecto sobre el restablecimiento después del corte (10).

La concentración de Nitrógeno se incrementó con la aplicación de Azufre en un suelo migajón arenoso. Investigadores citados en (37), han observado un incremento en la concentración de Nitrógeno en plantas de leguminosas cuando se fertilizó con Azufre. Tesdale et al citados en (37), establecieron que la concentración de Nitrógeno fue más alta a bajos niveles de Azufre y decreció cuando el porcentaje de Azufre se aumentó. Rending cita

do en (37) obtuvo marcado incremento en la producción del cultivo y en el porcentaje de Azufre en 5 cortes de alfalfa con fertilización de Azufre.

Aplicando Nitrógeno en dosis de 10, 20 y 30 kilogramos por Hectárea después de cada corte en alfalfa irrigada, creciendo en suelo arenoso de bajo contenido de Nitrógeno; no hubo efecto significativo en peso fresco, en peso seco y en el contenido de proteína cruda de el cultivo durante 3 años de estudio (11).

El Nitrógeno tiene la tendencia de estimular las malas hierbas, las cuales compiten con alfalfa pequeña. Cuando se use Nitrógeno la dosis de aplicación no deberá exceder de 16.8 kilogramos por Hectárea (41, 27, 5).

Las leguminosas es un grupo que tiene relativamente alto requerimiento de Fósforo, aunque la cantidad de Fósforo varía mucho éste nunca es tan alto como el Nitrógeno y el Potasio (2).

La dosis de aplicación, 146.7 kilogramos P_2O_5 por Hectárea fue 71% más efectiva que la de 74 kilogramos por Hectárea. Una sola aplicación inicial de Fósforo para 3 años, fue tan efectiva como cantidades aplicadas cada año (38).

La fertilización tuvo un mayor efecto sobre la producción de alfalfa en el segundo y tercer año de corte. El Fósforo y Azufre (con Boro y Molibdeno) incrementaron significativamente la producción, pero, el incremento

mas grande ocurrió cuando fue aplicado Cal, en combinación con Fósforo y Azufre (5).

Adiciones de Fósforo en dosis de 88.8 kilogramos por Hectárea incrementó la producción en 6 cortes; el mayor incremento fue encontrado en los primeros tres cortes. No hubo diferencia significativa en producción entre rangos y fuentes por tratamiento en la producción total de los cortes (14).

Los primeros cortes mostraron una diferencia significativa entre aplicaciones de 112 y 448 kilogramos por Hectárea de P_2O_5 . Esto no ocurrió en los subsiguientes cortes (14).

En un experimento realizado con 10 variedades de alfalfa y tres niveles de Fósforo, se concluyó que el contenido de Fósforo en el primer corte fue generalmente mas bajo que en el segundo y tercero. Las aplicaciones de Fósforo no afectaron el contenido de proteína cruda del forraje. Una sola aplicación de 224 kilogramos por Hectárea de P_2O_5 dió la misma producción que aplicaciones anuales de 56 kilogramos por Hectárea durante 4 períodos (18).

Altas dosis de Fósforo también tienden a reducir el establecimiento de la alfalfa (15).

Experimentos llevados a cabo en la Universidad de Minnesota concluyeron que aplicaciones anuales de Potasio son necesarias para el mantenimiento de un crecimiento denso para altas producciones de alfalfa de calidad,

en un suelo migajón Limoso (15).

La fertilización de Potasio mejoró la estructura de un suelo ligeramente alcalino chernozems e incrementó la producción del cultivo (40).

En experimentos realizados en invernadero para estudiar la influencia de Potasio sobre la asimilación de CO_2 , crecimiento y características morfológicas de la alfalfa; incrementos en la producción fueron obtenidos con altas dosis de Potasio; la altura de la planta, la acumulación de Potasio en las hojas; el tamaño de las hojas y el peso por unidad de área también se incrementó, así como el número y apertura de los estomas. La fotosíntesis también aumentó con la aplicación de Potasio (6).

El mantenimiento de la alfalfa durante 7 cortes fue marcadamente influenciado por dosis de fertilización de Potasio. El mantenimiento de la alfalfa durante 7 cortes dependió más de una adecuada aplicación de Potasio, que de un incremento en el pH del suelo alrededor de 5.9 (24).

Las producciones fueron grandemente incrementadas por aplicaciones anuales de Potasio en dosis de 47 y 186 kilogramos por Hectárea en suelos migajones limosos durante tres estaciones, las más altas dosis dieron los más altos rendimientos (22).

Cuando se sembró en arena los ápices, raíces y concentraciones de reservas de carbohidratos en las raíces, se incrementaron con el aumento en la aplicación de Potasio

sio arriba de 64 p.p.m. Con una concentración de 8 p.p.m. las plantas mostraron menos desarrollo, mas lento y menos acumulación de carbohidratos (35).

Las plantas que recibieron 224 y 336 kilogramos por Hectárea de Potasio no fueron significativamente diferentes, pero produjeron mas altas producciones que aquellas que no recibieron Potasio (4).

La leguminosa es un grupo que requiere abundante material calcareo. En general el material calcareo incrementa el requerimiento de Potasio en suelos que tengan bajas reservas de este elemento. Trabajos efectuados en alfalfa indican que cuando la relación Ca: Potasio, es mayor que 4: 1, el rendimiento disminuye y la planta responde a las aplicaciones de Potasio. Las deficiencias de Potasio aparecieron cuando la relación fue de 8:1 (2).

Generalmente, las aplicaciones de Potasio no tienen incremento en la producción de alfalfa en Arizona. Muchos análisis mostraron mas que 1.5 % de Potasio. Esta cantidad en alfalfa madura indica que el Potasio no está limitando el crecimiento (41).

En un experimento de alfalfa, síntomas de deficiencia de magnesio fueron observados sobre plantas que recibieron altas aplicaciones de Potasio y bajas aplicaciones de Magnesio (32).

Durante 1961-65 creció alfalfa sin irrigación, respondiendo principalmente a Fósforo, incrementándose la producción a 33-37 %, con Nitrógeno mas Fósforo se incre

mento a 42-49 %. La producción no se incrementó en proporción al incremento de las dosis de fertilización (25).

Aplicaciones de $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ a razón de 80 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea y 110 kilogramos de P_2O_5 por Hectárea en forma de Superfosfato y una combinación de ambas incrementaron la producción en 10.6, 9.5 y 14.4 % respectivamente (3).

En un estudio por 10 años, el incremento total en alfalfa sobre un suelo migajón limoso de pradera fue relacionado al total de Fósforo o Fósforo y Potasio aplicado, el incremento mas grande existió para aplicaciones anuales de Potasio con Fósforo. El contenido de Fósforo y Potasio en las plantas fueron mas altas en el tercer corte y mas bajas en el segundo corte (15).

En parcelas experimentales, días largos produjeron alta materia seca, producción de hojas, tallos y raíces y una alta producción de partes sub-aereas (Sub-aerial) que en días cortos. Las producciones fueron mas altas con Nitrógeno, Fósforo y Potasio que utilizando solo Fósforo y Potasio, pero el Nitrógeno solo redujo la proporción de raíces, especialmente el peso de nodulos (13).

En macetas experimentales las plantas fueron marcadamente incrementadas por Nitrógeno y Fósforo. El número de tallos se incrementó con el incremento en el número de cortes, el efecto fue enorme con Nitrógeno y bajo con Potasio. La producción de heno fue afectada mas grandemente por Fósforo; el Nitrógeno tuvo efecto solo en el

primer año; el Potasio no tuvo efecto en el primer año, pero si fue notable el efecto en el segundo año (30).

La producción y la persistencia fue grandemente incrementada por la fertilización de Potasio durante 9 años. La producción no fue afectada y la persistencia fue reducida por la fertilización de Nitrógeno y Fósforo. La concentración de Fósforo en heno de alfalfa dependió mas de la cantidad de lluvia que de la fertilización fosfórica. La producción continuada dependió grandemente de la relativa abundancia de Potasio provista por la fertilización (27).

A traves de un período de 8 años en suelos altos derivados principalmente por deposición de piedra caliza. La mas alta y mas consistente respuesta a la producción fue con fertilizantes conteniendo Fósforo. El Potasio se dió adicional incrementando la producción sobre suelos que recibieron Fósforo. El Potasio solo, frecuentemente decreció la producción. El Nitrógeno no incrementó la producción, los niveles que se mantuvieron en el suelo de Fósforo y Potasio 134 kilogramos por Hectárea para ambos fueron necesarios. El Nitrógeno fue benéfico para el establecimiento del alfalfar pero después no fue necesario (17).

Abstracto de Tesis de la Universidad del Estado de Rutgers, en suelo migajón limoso, recibió dosis de Nitrógeno arriba de 224 kilogramos por Hectárea de P_2O_5 arriba de 448 kilogramos por Hectárea y de K_2O arriba de 400

kilogramos por Hectárea anualmente durante 9 años. Las producciones de Heno fueron incrementadas por K_2O sin embargo tratamientos arriba de 224 kilogramos por Hectárea no fue incrementado significativamente, el Fósforo y Nitrógeno no tuvieron efecto. Incrementándose la dosis de Potasio se aumentó la persistencia de la alfalfa, pero el Fósforo y Nitrógeno la redujeron. El contenido de Fósforo fue bajo algunas veces por fertilización de Nitrógeno y Potasio. El contenido de Potasio se incrementó con las dosis de 224 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea y por aplicaciones de Potasio. El contenido de Magnesio y Calcio fueron disminuídos por el Potasio. Aplicaciones de 112 kilogramos de P_2O_5 fueron necesarios para el mantenimiento inicial de los niveles de Fósforo aprovechable (26).

En un suelo Chernozem encalados, los fertilizantes minerales aumentaron el Nitrógeno, Fósforo y Potasio pero no el Calcio, contenido en la alfalfa. La irrigación disminuyó el porcentaje de Nitrógeno, pero aumentó la producción de Fósforo, Potasio y contenido de Calcio (20).

El número de microorganismos del suelo, el género, la distribución y la intercorrelación tienen un efecto decidido en el desarrollo de la planta. Los organismos directamente beneficiados son aquellos que atacan la materia orgánica y dejan elementos en forma aprovechable a disposición de las plantas (21).

Existen condiciones propicias para que estos micro-

organismos prosperen y cumplan con sus funciones. Tal es el caso de la bacteria fijadora de Nitrógeno, las cuales desarrollan sus funciones en ciertos rangos de pH del suelo, su vigor y eficacia son bajos cuando se incrementa la acidez del suelo (2).

En macetas experimentales la inoculación de un suelo con *Rhizobium meliloti* dieron plantas vigorosas y bien moduladas. En un suelo sin fertilizar, la inoculación de 35,000 organismos fueron necesarios para óptimo crecimiento. Los mismos niveles fueron requeridos para máximos rendimientos en suelos fertilizados, pero, un crecimiento alto y una efectiva modulación fue obtenida con 35 organismos por gramo de suelo (43).

La nitrificación se inició en todos los suelos a baja temperatura, 2.5 a 5.5° C (37° a 42° F); alrededor de 5.5° C la acumulación de NO_3 fue acelerada, la nitrificación se inició temprano y la dosis de Nitrificación se incrementó, con el incremento en la textura fina, Nitrógeno del suelo y la capacidad de intercambio (1).

La temperatura del suelo alrededor de 30° C redujo la nodulación, la fijación de Nitrógeno y producción de forraje (7).

El grado de nitrificación y los niveles de NO_3 son inversamente proporcionales al tamaño del agregado. La aereación es el segundo factor importante en el control de la nitrificación (36).

Las plantas jóvenes pueden necesitar Nitrógeno an-

tes que la bacteria pueda entrar en función (2).

La fertilización de Nitrógeno incrementó la producción de bacterias solamente en la prueba sin inocular (7).

Altas concentraciones de Nitrógeno en un medio sintético generalmente inhiben la nodulación de leguminosas (36).

El abastecimiento limitado de Fósforo interfiere con la actividad de los nodulos y con el número de éstos y la eficacia de la fijación de Nitrógeno es generalmente reducida (2).

Altas dosis de Fósforo disminuyeron grandemente la nodulación y el contenido total de Nitrógeno en la planta. Este efecto pudo ser inducido por deficiencia de Calcio (16).

El crecimiento de alfalfa en el primer y segundo año de corte contenía 12.4 % de proteína, cuando se fertilizó con Cal, Fósforo y Azufre comparado con 10 % de proteína, cuando no se fertilizó (5).

El Potasio no dio efecto significativo en la proteína cruda contenida en el forraje; donde existieron diferencias, las mas altas dosis de Potasio dieron los mas bajos contenidos de proteína cruda en el forraje (22).

La proteína cruda en alfalfa fue aumentada comparada con el testigo; por 8-9 % con Calcio solamente; 10-11 % con Calcio y Nitrógeno y 11 a 14 % con Calcio, Nitrógeno y Fósforo (9).

Sobre materiales orgánicos incorporados en el suelo en parcelas experimentales, solo el estiercol dió una consistencia, incrementó el número y peso de los nódulos y el crecimiento de planta. Este incremento también fue producido por el extracto acuoso del estiercol. Ellos no fueron tan grandes, como aquellos obtenidos por fertilización de Fósforo mas Potasio o activados por vermiculita (28).

La producción se incrementó en heno de alfalfa en el primer año a 1.06 toneladas por Hectárea y el segundo año 1.03 toneladas por Hectárea con inoculación solamente; 1.79 toneladas por Hectárea en el primer año y 2.54 toneladas por Hectárea en el segundo con adición de Fósforo y Potasio y 2.33 toneladas por Hectárea en el primer año y 2.93 toneladas por Hectárea para el segundo año con adición de Fósforo, Potasio y Carbonato de Calcio (33).

El Nitrógeno, Fósforo y Potasio a razón de 30 kilogramos por Hectárea incrementaron el contenido de proteína en algunos zacates (12).

El forraje fue alto en proteína en las cosechas de marzo, abril y octubre (21, 23 y 20 % respectivamente). El contenido de proteína fue bajo en las cosechas de mayo (18 %) y mas bajo cuando el forraje fue cortado en junio (16 %), julio (15 %) y septiembre (15 %) (8).

MATERIAL Y METODOS

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Experimental y en el Laboratorio de Suelos de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora. Se realizó un análisis químico y físico del suelo previo a la siembra, los resultados indicaron que se tenía un suelo migajón arenoso con un pH de 7.5, una conductividad eléctrica de 1.0 mmhos/cm. a 25 grados centígrados, con un porcentaje de saturación de 27.0, con un porcentaje de materia orgánica de 0.3; el contenido de Nitrógeno y Fósforo fueron 10 p.p.m. y 50 p.p.m. respectivamente.

Después de haberse llevado a cabo la preparación de la cama de siembra, se procedió a fertilizar al voleo con Nitrógeno, Fósforo y Potasio, el día 15 de noviembre de 1968, utilizando como fuentes: $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ (33.5 % de N), 0.46-0 (46 % de P_2O_5) $\text{K}_2 \text{SO}_4$ (60 % K_2O), respectivamente.

La siembra se realizó el día 19 de noviembre de 1968 al voleo y en seco utilizándose la variedad Moapa, la densidad de siembra fue de 25 kilogramos por Hectárea inoculándose la semilla con Nitragina específica. El primer riego se dió el día 22 de noviembre de 1968.

Se utilizó un diseño factorial de 2 x 3 x 3 completamente al azar. Las dosis de fertilizantes usados fueron: 0 y 50 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea, 0, 50 y 100 kilogramos de P_2O_5 por Hectárea, 0, 100 y 200 kilogramos de K_2O por Hectárea. Los tratamientos fueron: to

das las combinaciones posibles de Nitrógeno, Fósforo y Potasio con las dosis anteriores, Cuadro 1.

La dimensión total de la parcela fue de 92 x 28 metros, divididos en 18 parcelas de 10 metros de largo por 8 de ancho.

El muestreo se realizó tomando 10 muestras de 1 m² por cada parcela la cual correspondía a un tratamiento y se pesaron en verde, dando un total de 180 muestras por cada corte. Se tomó una muestra representativa de cada tratamiento y se determinó el porcentaje de proteína por cada corte. El análisis de proteína se llevó a cabo con la técnica del Micro-Kjeldahl.

Se aplicaron 5 riegos antes del primer corte, el cual se efectuó a los 90 días después de sembrado y 11 riegos más en el transcurso del experimento. Se presentaron precipitaciones muy altas en los meses de julio, agosto y septiembre.

Se dieron un total de 8 cortes, los cuales se realizaron cuando había un 10 % de floración o 50 % de botones florales en verano y en invierno cuando los nuevos brotes tenían de 1 a 3 cm.

Durante el transcurso del experimento se presentaron las siguientes plagas; pulgón verde (*Acyrtosiphon pisum*), pulgón manchado de la alfalfa (*Therioaphis maculata*), periquito tricornudo de la alfalfa (*Spissistilus festinus*), otras especies, los cuales no se presentaron en porcentaje perjudicial, las bajas poblaciones se con-

trolaron indirectamente cuando se realizaron los cortes.

Se presentó una población perjudicial de malezas en los meses de septiembre y octubre, que causó la pérdida de dos cortes, las precipitaciones fueron propicias para el aumento de la población.

El experimento finalizó con el último corte el día 11 de diciembre de 1969.

Para determinar las conclusiones estadísticas, se tomó en cuenta la producción por tratamiento y el porcentaje de proteína por tratamiento.

Cuadro 1. Dosis de Nitrógeno, Fósforo y Potasio para cada tratamiento.

Tratamiento	Nitrógeno Kgs/Ha.	Fósforo Kgs/Ha.	Potasio Kgs/Ha.
Testigo (a)	0	0	0
B	0	0	100
C	0	0	200
D	0	50	0
E	0	50	100
F	0	50	200
G	0	100	0
H	0	100	100
I	0	100	200
J	50	0	0
K	50	0	100
L	50	0	200
M	50	50	0
N	50	50	100
O	50	50	200
P	50	100	0
Q	50	100	100
R	50	100	200

RESULTADOS

Este experimento tuvo una duración de un año 20 días, durante el cual se recopilaron datos necesarios para la realización del análisis estadístico.

Cuadro 2. Rendimiento total de alfalfa en verde, en Kgs/Parcela útil y producción calculada en toneladas por Hectárea, por tratamiento.

Tratamiento	Producción en kilogramos por Parcela útil.	Producción en toneladas por Hectárea.
Testigo	73.030	73.030
B	61.140	61.140
C	79.605	79.605
D	59.335	59.335
E	62.700	62.700
F	79.085	79.085
G	73.485	73.485
H	58.635	58.635
I	76.685	76.685
J	82.115	82.115
K	65.500	65.500
L	64.820	64.820
M	76.490	76.490
N	47.080	47.080
O	69.920	69.920
P	56.075	56.075
Q	76.930	76.930
R	74.910	74.910

Cuadro 3. Rendimiento total de alfalfa por corte y fecha del mismo en una área de 1,440 m².

No. de Corte	Fecha	Producción en kilogramos
Primero	19 de febrero	133.930
Segundo	9 de abril	263.160
Tercero	11 de mayo	196.500
Cuarto	10 de junio	209.530
Quinto	5 de julio	166.240
Sexto	10 de agosto	102.160
Septimo	2 de noviembre	45.510
Octavo	11 de diciembre	138.430

Se realizó un análisis estadístico global donde se incluyeron los datos de producción de 8 cortes, no encontrándose diferencia significativa para el factor tratamiento, o sea que no hubo respuesta a la fertilización con Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Se realizaron análisis estadísticos para cada corte y se encontró diferencia significativa en los primeros tres cortes para el factor tratamiento y no para los subsiguientes cortes. Esto nos indica que no hubo diferencia significativa entre las dosis de fertilizante y que la diferencia en producción es debida al azar y otros factores y no a la acción de los tratamientos.

En el análisis global se puede observar que la "F" calculada son menores que la "F" tabulada para los valores 5 % y 1 % encontrados en la tabla de FISHER. Por

consiguiente todos los tratamientos son iguales. El Cuadro 4 se muestra el análisis de varianza para el estudio global.

Se realizó un análisis estadístico para determinar la influencia de las dosis de fertilizantes en el porcentaje de proteína. Los resultados como se aprecia en el Cuadro 5, indicaron que no hubo diferencia significativa a niveles de confianza de 95 % y 99 %, lo cual nos indica que todos los tratamientos son iguales o no hubo respuesta a las dosis antes mencionadas; y la variación en el porcentaje determinado se debió al azar y no a la influencia de las dosis de fertilizantes, Cuadro 6.

Durante el desarrollo del experimento hubo altas precipitaciones en los meses de julio, agosto y septiembre, que aunados con altas temperaturas, aumentó la población de malas hierbas, Cuadro 7.

Cuadro 4. Análisis estadístico con la producción de 8 cortes método de totales. Análisis de varianza.

Factor de correlación.	Suma de cuadrados	Grados de independencia.	Varianza	"F" Calculada.	"F" Tabulada 0.05 %	0.01%
General	2126439347.2	179	-----	-----	-----	-----
Tratamiento.	201741547.2	17	11867149.8	0.99	1.96	2.65
Dosis de N	976802.7	1	976802.7	0.08	254.30	6366.00
Dosis de P	125021.6	2	62510.8	0.06	19.50	99.50
Dosis de K	54925858.6	2	27462929.3	2.31	2.99	4.60
Int. N x P	1009126.4	2	504563.2	0.04	19.50	99.50
Int. N x K	17692692.1	2	8846346.0	0.74	19.50	99.50
Int. N x K	32810742.4	4	8202685.6	0.69	5.63	3.46
Int. N x P x K	81824156.8	4	29456039.2	1.72	2.37	3.32
Error Experimental.	1924697800.0	162	11880850.6	-----	-----	-----

Cuadro 5. Interpretación estadística con el porcentaje de proteína de 8 cortes. Análisis de varianza.

Factor de Correlación	Suma de cuadrados.	Grados de independencia	Varianza	"F" Calculada.	"F" Tabulada 0.05 %	0.01 %
General	455.90	143	----	----	-----	-----
Tratamiento	22.07	17	1.29	0.37	1.96	2.65
Dosis de N	1.03	1	1.03	0.30	254.30	6366.00
Dosis de P	4.30	2	2.15	0.62	19.50	99.50
Dosis de K	5.00	2	2.50	0.72	19.50	99.50
Int. N x P	0.20	2	0.10	0.03	19.50	99.50
Int. N x K	1.09	2	0.54	0.15	19.50	99.50
Int. N x K	19.32	4	4.83	1.40	2.37	3.32
Int. N x P x K	0.40	4	0.10	0.02	5.63	13.46
Error Experimental.	433.89	126	3.44	----	----	-----

Cuadro 6. Porcentaje de proteína por corte y porcentaje promedio por tratamiento.

Trat.	1o.	2o.	3o.	4o.	5o.	6o.	7o.	8o.	Prome dio.
T.	28.27	21.02	24.60	22.81	26.32	22.81	21.06	20.18	23.38
B	26.23	26.32	26.30	21.94	30.27	24.13	21.50	22.81	24.93
C	27.66	24.13	23.76	22.81	28.52	22.81	19.74	17.55	23.29
D	27.25	23.69	24.18	24.13	27.20	22.81	21.06	25.04	24.41
E	27.94	22.81	24.18	26.76	28.96	22.37	18.86	25.01	24.61
F	27.45	24.13	23.33	23.69	27.64	23.25	24.13	23.25	24.60
G	26.84	25.45	24.18	20.62	27.20	24.57	19.74	24.13	24.09
H	26.44	23.69	25.03	21.94	27.20	22.81	21.06	24.13	24.03
I	26.11	24.13	24.18	22.81	27.20	22.37	18.86	24.13	23.72
J	30.38	22.33	23.33	20.18	21.50	22.81	19.30	21.94	22.59
K	29.28	23.25	23.33	25.45	27.64	24.13	19.30	25.88	24.15
L	28.88	21.94	25.03	23.69	23.69	23.25	18.86	21.94	23.41
M	27.66	22.81	22.06	22.37	24.57	23.25	20.62	25.45	23.59
N	26.64	21.94	25.45	25.01	27.64	23.69	18.06	24.57	24.22
O	28.67	24.13	25.45	26.32	28.08	22.81	18.86	22.81	24.64
P	25.62	22.81	24.60	25.45	28.52	22.81	17.99	24.13	23.96
Q	28.47	24.57	24.18	24.13	21.94	22.37	19.74	23.69	23.63
R	25.62	21.94	24.60	25.01	25.88	23.69	20.62	23.69	23.88

Cuadro 7. Precipitaciones pluviales en mm. y temperaturas medias mensuales que prevalecieron durante el desarrollo del experimento.

M e s	Precipitación en mm.	Temperatura media mensual °C
Noviembre 1968	2.0	18.3
Diciembre 1968	1.5	13.9
Enero 1969	26.0	16.1
Febrero 1969	19.0	15.2
Marzo 1969	0.0	17.1
Abril 1969	0.0	21.8
Mayo 1969	1.5	25.1
Junio 1969	0.0	27.1
*Julio 1969	94.5	31.7
*Agosto 1969	89.0	32.4
*Septiembre 1969	46.5	29.7
Octubre 1969	0.0	23.4
Noviembre 1969	2.5	20.0
Diciembre 1969	53.5	15.2

*Población alta de malezas.

DISCUSION

Según los resultados obtenidos anteriormente, no se obtuvo diferencia significativa en cuanto a producción y calidad del forraje, esto nos indica que no es conveniente hacer ninguna aplicación de fertilizante.

Se observó que la producción mas alta fue obtenida con el tratamiento J: (50-0-0) el cual no incluye Fósforo y Potasio. Estos resultados no van de acuerdo con los obtenidos por Focke (13) donde la producción mas alta la logró con aplicaciones de Nitrógeno, Fósforo y Potasio; y que el Nitrógeno aplicado solo redujo la producción de raíces y especialmente el peso de nodulos.

Varios autores (17, 26, 30) opinan que el Fósforo y Potasio tienen marcada influencia sobre la producción y calidad de este forraje, después del segundo y tercer año de explotación, así mismo que el Nitrógeno **tiene influencia** en la etapa temprana de crecimiento. Esta pudo ser una de las causas que influyó en la falta de respuesta a los fertilizantes, además de las altas dosis de aplicación y de la interrelación que existe entre los tres elementos, que deben estar balanceados.

Después de realizar el análisis estadístico por corte, se observó que hubo pequeña respuesta de los elementos Nitrógeno, Fósforo y Potasio en los primeros cortes, pero no fue así en los subsiguientes, esto se asemeja con un experimento realizado por Hagemann (14), en Berkeley California con aplicaciones de Fósforo.

La época de corte donde se obtuvo mayor producción fue en el mes de abril, lo cual concuerda con lo observado por CIANO en la Costa de Hermosillo durante el segundo año de producción (1969). Durante el primer año de producción (1968) no obtuvo las mismas experiencias.

En cuanto a calidad, el porcentaje de proteína fue el mas bajo cuando se aplicó Nitrógeno solo, esto no va de acuerdo con lo obtenido por Bear y Nelson (2) que dice que el Nitrógeno es requerido en la fase temprana para activar las bacterias fijadoras. Es posible que la dosis haya sido elevada y no se haya obtenido una mejor respuesta, ya que según varios autores (41, 22, 5) deberá ser pequeña ya que inhibe la nodulación y tiende a estimular las malas hierbas.

El porcentaje de proteína fue alto cuando se combinó Fósforo y Potasio en dosis de 50 kilogramos de P_2O_5 por Hectárea y 100 y 200 kilogramos de K_2O por Hectárea. Fue bajo cuando se aumentó la dosis de Fósforo.

Lo anterior se relaciona con la opinión de Hewitt (16) que explica que en altas dosis de Fósforo, baja el contenido de Nitrógeno total y por ende el porcentaje de proteína.

En cuanto a calidad también se observó que las dosis 50-50-100 fueron mejores que 50-100-200, Nitrógeno, Fósforo y Potasio respectivamente. Esto indica que altas dosis de Fósforo y Potasio en combinación con Nitrógeno no son muy recomendadas para obtener alto porcentaje de

proteína.

Según Klebesadel y Brinsmade (22) las mas altas dosis de Potasio dieron los mas bajos contenidos de proteína, lo cual va de acuerdo con lo obtenido en este experimento.

RESUMEN Y CONCLUSIONES

El presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer la influencia que pueda tener el Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la producción y calidad de la alfalfa. Realizado en el Campo Experimental y Laboratorio de Suelos de la Escuela de Agricultura y Ganadería de la Universidad de Sonora, durante el ciclo 1968-1969.

Se utilizó un diseño factorial $2 \times 3 \times 3$ completamente al azar, las dosis de fertilizantes fueron: 0 y 50 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea, 0, 50 y 100 kilogramos de P_2O_5 por Hectárea, 0, 100 y 200 kilogramos de K_2O por Hectárea. Los tratamientos fueron todas las combinaciones posibles entre las dosis anteriores, dando un total de 18 tratamientos. Las fuentes utilizadas fueron: NH_4NO_3 (33.5 % de Nitrógeno), 0-46-0 (46 % de P_2O_5), K_2SO_4 (60 % de K_2O).

Se fertilizó antes de la siembra en forma manual y se sembró en seco y al voleo. Se inoculó la semilla con Nitragina específica.

El muestreo se realizó completamente al azar tomando 10 muestras por tratamiento de $1 m^2$, después se tomó el peso de cada muestra en verde después del corte. Se determinó el porcentaje de proteína con la técnica del Micro-Kjeldahl.

Se dieron un total de 8 cortes y un total de 16 riegos durante el experimento, que tuvo una duración de un año 20 días.

Según los resultados obtenidos en el presente estudio, se concluye lo siguiente:

1. No hubo diferencia significativa para los tratamientos, tanto en la producción, como en el porcentaje de proteína.

2. La dosis de 50 kilogramos de Nitrógeno por Hectárea fue la que obtuvo el mas alto rendimiento. La dosis de 200 kilogramos de K_2O fue la que obtuvo el mayor porcentaje de proteína.

3. Se recomienda probar la dosis adecuada de Nitrógeno, y deberá ser dosis menores a 50 kilogramos por Hectárea.

4. Se recomienda probar dosis de Fósforo y Potasio por períodos mayores de 2 años, para determinar su influencia.

BIBLIOGRAFIA

- 1) ANDERSON, O. C., F. C. BOSWELL Y S. V. SPACY. Effect of temperature on nitrification Georgia Soils. Soils and fertilizers abstracts. 28 (5) : p. 470. 1965.
- 2) BEAR, E. y L. NELSON L. Plant-Nutrient deficiency simptoms in legumes. Hunger Sings in Crops. Washington, D. C. p. 269, 274, 278. 1949.
- 3) BETRA, P. C. y G. S. GILL. Effect of irrigation on forage yield of lucerne (*Medicago sativa* L.). Soils and Fertilizers. 31 (6) : p. 550.
- 4) CALDER, F. W. y L. B. MACLEOD. Effect of cold treatment on alfalfa as influenced by harvesting system and rate of potassium aplication. Soils and Fertilizers. 29 (3) : p. 312. 1966.
- 5) CARY, E. E., G. M. HORNER y S. J. MECH. Relation ship of tillage and Fertilization to the yield of alfalfa on Freeman Silt Loam. Agronomy Journal. 59 (2) : p. 165. 1967.
- 6) COOPER, R. B., R. E. BLASER Y R. H. BROWN. Potassium nutrition effects on net photosynthesis and morphology of alfalfa. BASIC. 48 (17) : p. 7839. 1967.
- 7) DOBEREINER, J. y S. ARONOVICH. The effects of soils liming and Soil temperature on fixation of nitrogen by *Eentrosema pubescens* Beuth on soil with manganese toxicity. Soils and Fertilizers Abstracts. 30 (4) : p. 423. 1967.
- 8) DOBRENZ, A. K., M. H. SHONHORT y R. K. THOMPSON. Yield & Protein Production of alfalfa cultivars. Progressive Agriculture in Arizona. 21 (3) : p. 5. 1969.
- 9) DOMBOVARI, J. The effect of different rates of lime and fertilizer on lucerne yields and on the utilization of phosphate fertilizer on slightly acid meadow soil. Soils and Fertilizers. Abstracts. 29 (2) : p. 214. 1965.
- 10) ELLINGTON, C. P. The effects of cutting management and nitrogen fertilization on alfalfa (*Medicago sativa* L.) Soils and Fertilizers Abstracts. 28 (5) : p. 509. 1964.

- 11) FALCHI, D. Nitrogen Fertilizing of lucerne (by top dressing). Soils and Fertilizers Abstracts. 30 (6) : p. 605. 1967.
- 12) FILIMONOV, D. A. The influence of Fertilizers on the chemical composition of pasture growth. Soils and Fertilizers Abstracts. 28 (1) : p. 85. 1963.
- 13) FOCKE, R. y W. FRANZKE. The effect of photoperiod and Fertilizing on some constituents and on yield of lucerne. Soils and Fertilizers Abstracts. 30 (6) : p. 605. 1967.
- 14) HAGEMANN, W. R. Phosphorus Fertilization of Alfalfa Trial. Agricultural Extension Service U. S. Department of Agriculture. University of California Berkeley, California 94720. p. 8. 1969.
- 15) HANSON, R. G. y J. M. MacGREGOR. Soil and alfalfa plant characteristics as affected by a decade of Fertilization. Agronomy Journal. 58 (1) : p. 3-5. 1966.
- 16) HEWITT, E. J. The essential Nutrient Elements. Requirements and Interactions in plants. In Plant Physiology (F. C. Steward, ed) Academic Press New York. Vol. III, p. 140-143-160, 186. 1963.
- 17) HILEMAN, L. H., M. S. OFFUTT y J. L. KEOGH. Alfalfa Fertilization Soils and Fertilizers Abstracts. 30 (1) : p. 94. 1967.
- 18) HOFF, J. C. y A. D. DOTZENKO. Performance of alfalfa varieties under different Phosphate Fertilizer Levels. Soils and Fertilizers Abstract. 32 (5) : p. 502. 1969.
- 19) HUERTA, M. R. Apuntes de Fertilizantes y Mejoradores. Hermosillo, Sonora. Escuela de Agricultura y Ganadería. Universidad de Sonora.
- 20) HULPOI, N., M. HANDRA y J. PICU. Effect of Fertilizers and irrigation on the chemical composition of lucerne. Soils and Fertilizers Abstracts. 30 (4) : p. 422. 1966.
- 21) KENNETH, F. B. The U. C. System for producing Halthy Container Grown plants. California Agricultural. Experiment Station. Extension Service Manual 23. 1957.

- 22) KLEBESADEL, L. J. y J. C. BRINSMADE. Response of two alfalfas (*Medicago sativa* L.) and (*Medicago falcata* L.) to time and rate of potassium in the subartic. *Soils and Fertilizers Abstracts*. 30 (2) : p. 188. 1967.
- 23) LOFTUS, HILLS. K. Mejoramiento de praderas y pastizales. *Agricultura de las Americas*. 18 (9): p. 53. 1969.
- 24) MACLEOD, B. L. y R. B. FIELD. Greenhouse Evaluation of the relative Importance of lime and Potassium for the establishment and maintenance of alfalfa and orchard grass seedlings. *Agronomy Journal*. 56 (4) : p. 381, 384, 385. 1964.
- 25) MAMAROVA, L. Fertilizing of lucerne and sainfoin on typical chernozem in the area of pleven. *Soils and Fertilizers Abstracts*. 30 (6) : p. 604.
- 26) MARKUS, D. K. Chemical composition of alfalfa and soil nutrient status as related to fertilization practices. *Soils and Fertilizers Abstracts*. 28 (6) : p. 612. 1965.
- 27) MARKIS, D. K. y W. R. BATTLE. Soil and plant responses to long-term fertilization of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agronomy Journal*. 57 (6): p. 613-616. 1965.
- 28) MASEFIEL, G. B. The effect of organic matter in soil on legume nodulation. *Soils and Fertilizers Abstracts*. 28 (5) : p. 471. 1965.
- 29) NASON, A. y W. D. McEIROY. Modes of action of essential mineral elements. *Plant Physiology* (F.C. Steward, ed) Academic Press, New York. Vol. III. p. 508-512. 1963.
- 30) NISHIKAWA, K. Physiological nature of the lucerne plant. Effects of levels of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and yield. *Soils and fertilizers Abstracts*. 29 (2) : p. 214. 1966.
- 31) OCHOA, S. M. Las enfermedades de la alfalfa. *Fitófito*. Boletín trimestral. Secretaría de Agricultura y Ganadería, Dirección General de Sanidad Vegetal, México 21, D. F. No. 60 : 44. 1968.
- 32) OMAR, M. A. y EL KOBBI. Some observations on the interrelations of potassium and magnesium. *Soil Science*. 101 (6) : p. 437. 1966.

- 33) PETROVIC, V. y Z. VOJINOVIC. The effect of inoculation on lucerne (*Medicago sativa* L.) and red clover Fertilizers Abstracts. 28 (5) : p. 472.
- 34) RAFAELYAN, F. K. Significance of lucerne in the cycle and balance sheet of nitrogen under conditions of the Ararat plain. Soils and Fertilizers Abstracts. 29 (6). 1966.
- 35) REID, D. J., D. J. LATHWELL y M. J. WRIGHT. Yield and carbohydrate responses of alfalfa seedlings grown at several levels of potassium fertilization. Soils and Fertilizers. Abstracts. 29 (2) : p. 214. 1966.
- 36) SEIFERT, J. Influence of the size of soil structural aggregates on the degree of nitrification. Soils and Fertilizers Abstracts. 28 (1) : p. 49. 1964.
- 37) SORENSEN, R. C., E. J. PENAS y U. U. ALEXANDER. Sulfur content and yield of alfalfa in relation to plant nitrogen and sulfur fertilization. Agronomy Journal. 60 (1) : p. 20. 1968.
- 38) STAMBERRY, C. O., W. H. FULLER y N. R. CRAWFORD. Comparison of phosphate sources for alfalfa on a calcareous soil, Reprinted from soil Science Society of America Proceedings. 24 (5) : p. 364-366. 1960.
- 39) SYPNIEWSKA, U. Influence of mineral nitrogen on the development of seed lucerne in comparison with that of symbiotic nitrogen. Soils and Fertilizers Abstracts. 32 (5) : p. 501. 1969.
- 40) VLASYUK, P. A. The effect of potash fertilizers on soil structure and fertility. Soils and Fertilizers Abstracts. 28 (2) : p. 175. 1965.
- 41) UNIVERSITY OF ARIZONA AGRICULTURAL EXPERIMENT STATION AND COOPERATIVE EXTENSION SERVICE. Alfalfa for production in Arizona. 4 H. Club work-home economics 1047 4^o Avenue, Yuma, Arizona 85364. Bulletin A-16: 16. 1966.
- 42) UNIVERSITY OF ARIZONA AGRICULTURA EXPERIMENT STATION AND COOPERATIVE EXTENSION SERVICE. Basic concepts of nitrogen Phosphorus and Potassium in Calcareous Soils. 4 H. Club work-home economics 1047 4^o Avenue, Yuma, Arizona 85364. Bulletin A-42 : 8, 25-27. 1965.

- 43) WEBER, D. F. y G. E. LEGGETT. Relation of Rhizobia to alfalfa sicknees in eastern Washington. Soils and Fertilizers Abstracts. 29 (4). 1966.

RBE T332