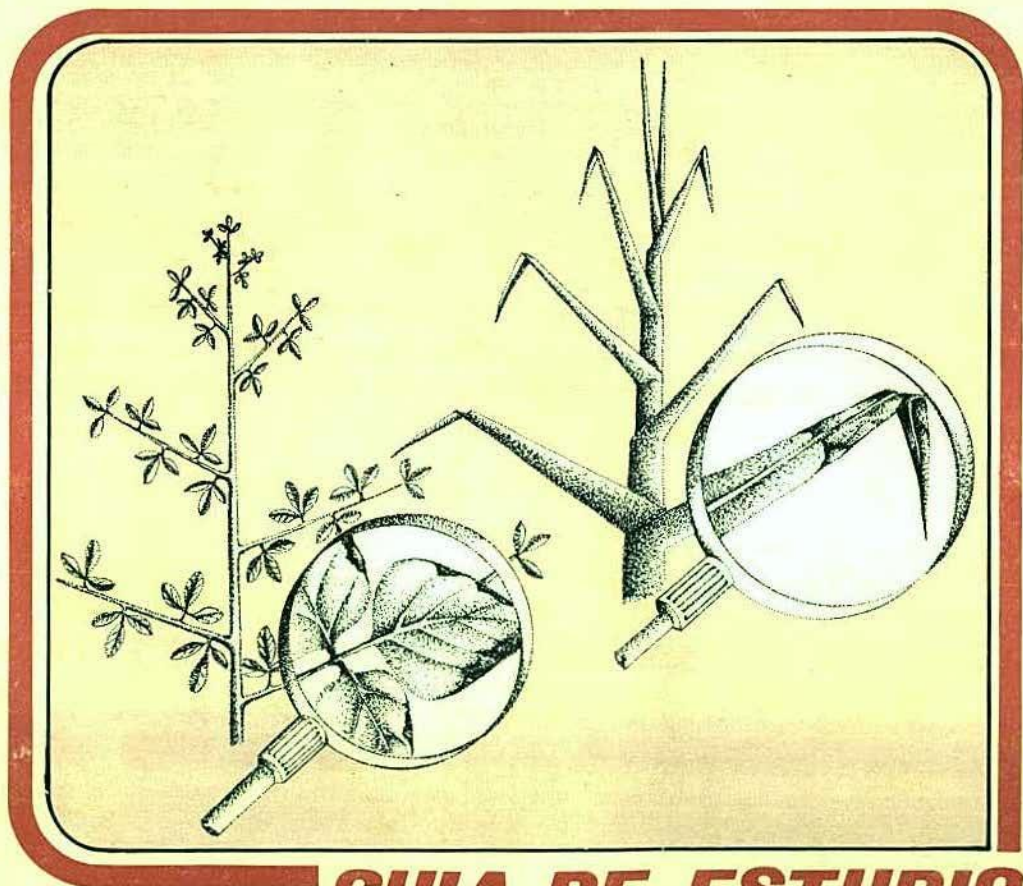


Síntomas de deficiencia de macronutrimientos y nutrimentos secundarios en Pastos Tropicales



GUIA DE ESTUDIO

PARA SER USADA COMO COMPLEMENTO DE LA
UNIDAD AUDIOTUTORIAL SOBRE EL MISMO TEMA

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, ambas en el Cauca. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas en los Llanos Orientales y colabora con el mismo ICA en varias de sus estaciones experimentales en Colombia, así como con instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT. Durante 1981 tales donantes son: La Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional de Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), y los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Holanda, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania y Suiza. Además, varios proyectos especiales son financiados por algunas de tales entidades y por la Fundación Kellogg y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados.



La FUNDACION W.K. KELLOGG ha hecho posible la elaboración de esta Unidad Audiotutorial, mediante la financiación de un proyecto especial para el desarrollo, producción y utilización de materiales de adiestramiento para la difusión de tecnología agrícola mejorada.

10765
3 COP

15J63

Serie 04SP-02.01
Agosto, 1981

GUIA DE ESTUDIO

Síntomas de deficiencia de macronutrimientos y nutrimentos secundarios en Pastos Tropicales

Contenido Científico:

José G. Salinas, Ph.D.
José I. Sanz, Ing. Agr.

Producción:

Carlos A. Valencia G. Ing. Agr.
Cilia L. Fuentes de Piedrahita, Ing. Agr.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

CIAT, Cali, Colombia

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia, S.A.

Cita correcta:

Centro Internacional de Agricultura Tropical. Síntomas de deficiencia de macronutrientes y nutrientes secundarios en Pastos Tropicales; guía de estudio para ser usada como complemento de la Unidad Audio-tutorial sobre el mismo tema. Cali, Colombia. CIAT, 1981. 28p. (Serie 04SP-02.01).

Las personas o entidades interesadas en reproducir parcial o totalmente, por cualquier medio o método, la guía de estudio o cualquiera de los otros componentes de esta unidad audiotutorial, deberán obtener autorización escrita del CIAT.

Contenido

OBJETIVO	4
INTRODUCCION	5
1. DEFICIENCIA DE MACRONUTRIMENTOS	8
1.1 Deficiencia de nitrógeno	8
1.1.1 Deficiencia de N en leguminosas	8
1.1.2 Deficiencia de N en gramíneas	9
1.2 Deficiencia de fósforo	9
1.2.1 Deficiencia de P en leguminosas	10
1.2.2 Deficiencia de P en gramíneas	10
1.3 Deficiencia de potasio	10
1.3.1 Deficiencia de K en leguminosas	11
1.3.2 Deficiencia de K en gramíneas	11
Preguntas	12
2. DEFICIENCIA DE NUTRIMENTOS SECUNDARIOS	17
2.1 Deficiencia de calcio	17
2.1.1 Deficiencia de Ca en leguminosas	17
2.1.2 Deficiencia de Ca en gramíneas	18
2.2 Deficiencia de magnesio	18
2.2.1 Deficiencia de Mg en leguminosas	18
2.2.2 Deficiencia de Mg en gramíneas	18
2.3 Deficiencia de azufre	19
2.3.1 Deficiencia de S en leguminosas	19
2.3.2 Deficiencia de S en gramíneas	19
Preguntas	20
APENDICE	21
LECTURAS COMPLEMENTARIAS	25

Objetivos

El objetivo de esta unidad es capacitar al interesado para el diagnóstico, con base en la observación de los síntomas en el campo, de las deficiencias de macronutrientes y nutrientes secundarios que afectan a las especies de leguminosas y gramíneas forrajeras adaptadas a los suelos ácidos e infértiles de América Tropical.

Se habrá logrado este objetivo si el interesado es capaz de:

1. Clasificar los nutrientes según su movilidad en la planta.
2. Explicar la relación que existe entre el grado de movilidad de los nutrientes y la edad y posición de las hojas en que se manifiestan inicialmente los síntomas.
3. Definir las funciones principales de cada uno de los macronutrientes y nutrientes secundarios en la planta y establecer una relación entre función y síntomas de deficiencia.
4. Describir los principales síntomas de deficiencia de cada uno de los macronutrientes y nutrientes secundarios en los géneros de leguminosas forrajeras que se estudian en esta unidad.
5. Describir los principales síntomas de deficiencia de cada uno de los macronutrientes y nutrientes secundarios en los géneros de gramíneas forrajeras que se estudian en esta unidad.
6. Establecer las similitudes y diferencias entre los síntomas de las deficiencias nutricionales estudiadas en esta unidad.

Introducción

En América Tropical existen más de 800 millones de hectáreas, la mayor parte de ellas cubiertas de vegetación nativa de selvas y sabanas (Figura 1). Esta área representa un gran recurso potencial para la producción de carne y alimentos, uno de los problemas más críticos que enfrenta la humanidad en los presentes momentos.



Figura 1. *Áreas cubiertas por selvas y sabanas en América Tropical*

Sin embargo, la predominancia de suelos ácidos e infértiles (Oxisoles y Ultisoles) constituye en la actualidad el principal factor limitativo de la producción en dicha área. Como solución inmediata se ha considerado la introducción de especies forrajeras adaptadas, por su tolerancia a la acidez y por sus bajos requerimientos de nutrientes. De ahí que las deficiencias de nutrientes deban ser evaluadas cuidadosamente al estudiar el comportamiento de las especies introducidas, si con ellas se han de lograr los resultados esperados.

Entre los principales métodos para determinar el estado de fertilidad del suelo y para diagnosticar las deficiencias en la nutrición de plantas forrajeras se incluyen los análisis químicos de suelo y de tejidos de plantas, la experimentación tanto en el invernadero como en el campo y el reconocimiento de los síntomas visibles de las deficiencias. De este último se ocupa la presente unidad.

Las deficiencias nutricionales provocan desórdenes en la planta y sus síntomas característicos se manifiestan con mayor notoriedad en las hojas, de tal manera que especies diferentes afectadas por la deficiencia de un nutriente presentan síntomas similares, cuya correcta identificación es una buena guía para el diagnóstico de estos problemas en el campo. Sin embargo, se debe aclarar que tanto la aparición de los síntomas de deficiencias como la forma en que éstos se manifiestan pueden variar según la especie afectada, las características del suelo, que determinan la disponibilidad de los nutrientes, y las condiciones ambientales que afectan el desarrollo de la planta. Por esto es muy importante el conocimiento previo del comportamiento de las diferentes especies forrajeras.

En esta guía de estudio, que complementa la unidad audiotutorial que lleva el mismo nombre, se describen los principales síntomas de deficiencia de macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y de nutrientes secundarios (calcio, magnesio y azufre) en ocho géneros de plantas forrajeras promisorias por su adaptabilidad a los suelos ácidos de América Tropical: los géneros de leguminosas: *Desmodium*, *Zornia*, *Stylosanthes*, *Centrosema* y *Pueraria* (representado por *P. phaseoloides* que, de este grupo de leguminosas, es en la que los síntomas se manifiestan con mayor severidad, debido a su mayor requerimiento de nutrientes) y las gramíneas *Andropogon gayanus*, *Brachiaria* spp. y *Panicum maximum*. Esta última especie, aunque tiene mayor exigencia en fertilización, se incluye aquí por sus buenas características forrajeras.

Edad y posición de las hojas afectadas y su importancia en el diagnóstico visual

El patrón de distribución y redistribución de cada nutrimento mineral en la planta hace que los síntomas de deficiencia se presenten en sitios específicos de ella; por lo tanto, el síntoma mismo, al igual que su localización, son la base del diagnóstico visual.

Los tres macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y el magnesio tienen alta movilidad en la planta (es decir, son fácilmente translocados a través del sistema de transporte del floema). Debido a esto, cuando el suministro de alguno de ellos a la planta es deficiente, es retirado de las hojas viejas, donde inicialmente se acumula en mayor cantidad, y redistribuido entre los órganos jóvenes que están en crecimiento activo. Por esta razón, los síntomas de deficiencia de estos elementos de alta movilidad aparecen inicialmente y en forma más acentuada en las hojas viejas.

El calcio, por el contrario, es un nutrimento de muy baja movilidad en la planta. Cuando la planta está en condiciones de deficiencia de calcio, éste se acumula principalmente en las hojas más viejas. Las jóvenes, por recibir el menor suministro de este elemento, son las que presentan los síntomas iniciales de deficiencia.

El otro nutrimento, el azufre, tiene un grado intermedio de movilidad en la planta. Por ello, los síntomas de su deficiencia se manifiestan con más frecuencia inicialmente en las hojas intermedias y jóvenes de la planta, generalmente sin que se afecten las hojas viejas.

Cuando se trata de especies forrajeras sometidas a pastoreo hay que tener especial cuidado al determinar la edad de las hojas que manifiesten síntomas de deficiencia de nutrimentos, porque el patrón normal de distribución de las hojas según su edad en la planta es alterado por efecto del pastoreo, que modifica el hábito de crecimiento de las plantas.

Metodología

Los síntomas de las deficiencias se obtuvieron, en la mayoría de los casos en el invernadero, en plantas desarrolladas en soluciones nutritivas, y fueron inducidos mediante la técnica del elemento faltante. En el Apéndice se describe la metodología, incluyendo la concentración de cada nutrimento en los diferentes tratamientos (Cuadro 1). El Cuadro 2 contiene la composición de las soluciones nutritivas utilizadas en cada tratamiento.

Los síntomas de las deficiencias desarrolladas de esta manera fueron comparados y complementados con informaciones y observaciones de campo.

1. Deficiencia de macronutrientes

1.1 Deficiencia de nitrógeno

El nitrógeno es un constituyente esencial de las proteínas y de otros compuestos indispensables para las plantas. La deficiencia de nitrógeno en la planta reduce su crecimiento y afecta la síntesis de clorofila, lo cual se traduce en una clorosis foliar.

1.1.1 Deficiencia de N en leguminosas (Figura 2, páginas centrales)

La clorosis se inicia en las hojas más viejas, puesto que el N es translocado a los tejidos jóvenes que están en crecimiento activo; a medida que la deficiencia se agudiza, este síntoma se extiende a las hojas intermedias y por último a toda la planta.

En las hojas el amarillamiento avanza gradualmente de los bordes al centro, hasta cubrir toda la lámina foliar. Cuando la deficiencia es severa, en los bordes de las hojas cloróticas se inicia un enrojecimiento seguido de necrosis del tejido.

En las diferentes especies de los géneros *Desmodium* spp., los síntomas de deficiencia de nitrógeno son los descritos en el párrafo anterior, es decir, los síntomas generales que presentan las leguminosas. En las especies de *Stylosanthes* spp. y *Zornia* spp. la clorosis afecta desde un principio a toda la planta, con mayor intensidad a las hojas viejas. En las plantas de este último género se observa que algunas hojas cloróticas conservan en la parte central del folíolo el color verde.

En cuanto a la especie *Pueraria phaseoloides*, los síntomas iniciales son similares a los de las especies anteriores, pero cuando la deficiencia es severa, ocurre la defoliación de la planta, comenzando por las hojas viejas, y los tallos adquieren un color rojizo.

Respecto a *Centrosema* spp., en algunos ecotipos la clorosis se presenta inicialmente sólo en las hojas viejas, luego avanza a las hojas intermedias y jóvenes; en otros, desde el principio la clorosis afecta todo el follaje, los tallos toman una coloración morada y las hojas jóvenes permanecen cerradas.

1.1.2 Deficiencia de N en gramíneas (Figura 3, páginas centrales)

En las gramíneas, al igual que en las leguminosas, la deficiencia se manifiesta como una clorosis que se presenta inicialmente en las hojas viejas, y se extiende gradualmente del ápice a la base; el crecimiento de las hojas

jóvenes e intermedias se reduce. Al agudizarse la deficiencia, comienza la necrosis en los ápices de las hojas viejas y avanza como la clorosis. La clorosis afecta también a las hojas intermedias, aunque en menor grado. Estos son los síntomas generales que se presentan en las especies de los géneros *Panicum maximum* y *Brachiaria* spp., en esta última la clorosis es tan intensa que las hojas viejas quedan casi blancas.

En la especie *Andropogon gayanus* los síntomas de la deficiencia de nitrógeno se manifiestan como se describió anteriormente. Sin embargo, a medida que se desarrolla la clorosis los bordes de las hojas se tornan rojizos, debido a que la planta de *A. gayanus* responde así ante cualquier estrés fisiológico (sequía, ataque de plagas, deficiencia de algún nutrimento, etc.).

1.2 Deficiencia de fósforo

En la mayoría de los suelos ácidos del trópico americano el fósforo (P) se encuentra en cantidades muy bajas. Este problema se agrava debido a la afinidad química del fósforo por el aluminio y el hierro. Los sesquióxidos de aluminio y hierro fijan el fósforo en formas menos solubles, lo cual disminuye su disponibilidad para las plantas.

La deficiencia de P afecta directamente el metabolismo de la planta, porque el fósforo participa en la transferencia de energía y es componente estructural de muchos compuestos que intervienen en el metabolismo. En general, esta deficiencia afecta de diversas maneras a las plantas, a consecuencia de lo cual hay una reducción de la tasa de crecimiento.

1.2.1 Deficiencia de P en leguminosas (Figura 4, páginas centrales)

Las especies de leguminosas en estudio han sido seleccionadas por su tolerancia a bajos niveles de P; por lo tanto, en el campo los síntomas iniciales de deficiencia pueden pasar inadvertidos; cuando la deficiencia es aguda generalmente se manifiestan en forma repentina y severa.

Al inducir la deficiencia de fósforo, en algunas especies como *Pueraria phaseoloides*, las hojas adquieren una coloración verde oscura y opaca, su textura es áspera y tienden a engrosarse y a crecer más erectas de lo normal. Repentinamente comienza la defoliación en las hojas viejas y asciende hasta ser total.

En otras especies, como las de los géneros *Desmodium* y *Centrosema*, además del engrosamiento y posición más erecta de las hojas, aparecen los siguientes síntomas: en *Centrosema* spp. y en *Desmodium* spp. hay abscisión repentina de las hojas viejas, mientras que en las hojas jóvenes se presenta un bronceado o coloración amarillo cobrizo que avanza del ápice a la base de los folíolos, y puntos necróticos intervenales; posteriormente las hojas se necrosan y caen.

En *Zornia*, a diferencia de las anteriores especies, las hojas viejas presentan el bronceado y se caen antes de que ocurra la necrosis. Los mismos síntomas se extienden luego a las hojas intermedias y jóvenes.

1.2.2 Deficiencia de P en gramíneas (Figura 5, páginas centrales)

En las gramíneas, los síntomas de la deficiencia de P se presentan en forma diferente y

son más notorios que en las leguminosas. Las hojas viejas toman una coloración rojo-púrpura, debido a la acumulación del pigmento antocianina. Este síntoma se extiende luego a las hojas intermedias, al tiempo que en el ápice de las hojas viejas se inicia una clorosis progresiva seguida de una necrosis. También ocurre reducción del crecimiento de la planta.

Andropogon gayanus

Las hojas viejas muestran inicialmente una clorosis, luego toman un color rojo y finalmente púrpura. Estos mismos síntomas aparecen después en las hojas intermedias y en las jóvenes. Aunque el follaje de esta especie se enrojece por cualquier estrés fisiológico (sequía, ataque de plagas, etc.), se reconoce cuando es causado por deficiencia de fósforo porque el síntoma aparece primero en las hojas viejas y luego en las intermedias.

Brachiaria spp.

En *B. ruziziensis* se presenta inicialmente una clorosis en las hojas viejas; en otras especies, como *B. humidicola*, el primer síntoma es el color rojizo de algunas de las hojas viejas. En todas las especies es común el color rojizo que se va tornando púrpura, y finalmente, la necrosis del tejido, la cual avanza del ápice a la base de las hojas.

Panicum maximum

En esta especie, además de los síntomas ya descritos, se produce un acortamiento de los entrenudos.

1.3 Deficiencia de potasio

El potasio, por su capacidad para activar varias enzimas y por su alta tasa de transporte

a través de las membranas biológicas, desempeña las siguientes funciones en las plantas: interviene en la síntesis molecular, en la transferencia de energía, en la regulación del potencial osmótico del sistema radical (el cual influye en la absorción y transporte del agua en la planta) y en el equilibrio iónico de todas las células de la planta.

La fotosíntesis, o sea la transformación de energía lumínica en energía química, depende del contenido de K en las hojas, e influye en otros procesos de síntesis como la formación de almidón, lípidos y proteínas, puesto que todos ellos requieren energía.

Cuando hay deficiencia de potasio en la planta se acumulan compuestos nitrogenados solubles, como las diaminas, que son tóxicas para la planta y responsables de la necrosis de los márgenes foliares, síntoma característico de la deficiencia de K.

1.3.1 Deficiencia de K en leguminosas (Figura 6, páginas centrales)

La clorosis y posterior necrosis marginal de las hojas viejas y luego de las hojas jóvenes, tal vez, la indicación más común de que hay deficiencia de K. La clorosis se inicia en los ápices de las hojas y se extiende por los bordes de la lámina foliar. En algunos casos, la clorosis y necrosis marginal se presenta acompañada de una clorosis intervenal de las hojas afectadas. Cuando se agudiza la deficiencia, el mismo síntoma va afectando gradualmente a las hojas intermedias y jóvenes, las que muestran, además, clorosis intervenal.

En las especies del género *Desmodium* estos síntomas se presentan con menor severidad,

aunque se reduce el crecimiento de la planta. En *Centrosema* y en *Stylosanthes* las hojas jóvenes, como síntoma adicional tienen un tamaño reducido y permanecen cerradas; en las hojas viejas la clorosis se extiende uniformemente del ápice a la base. En *Pueraria phaseoloides* las hojas jóvenes son de menor tamaño que las de las plantas sanas, y la clorosis se extiende intervenalmente, sólo el centro del folíolo y la zona adyacente a las nervaduras secundarias permanecen verdes; posteriormente se presenta la necrosis foliar.

En las especies del género *Zornia* aunque los síntomas aparecen primero en hojas viejas, no son iguales en todas; algunas hojas permanecen verdes, otras verdes con el ápice clorótico y otras cloróticas con la base de los folíolos verdes. Luego se inicia una necrosis apical que se extiende hacia la base cubriendo toda la lámina foliar. Las hojas jóvenes permanecen verdes y sólo en caso de deficiencia aguda muestran clorosis apical.

1.3.2 Deficiencia de K en gramíneas (Figura 7, páginas centrales)

Se presenta inicialmente una clorosis marginal en las hojas viejas, a la que posteriormente sigue la necrosis. A medida que la deficiencia se va haciendo aguda, estos mismos síntomas aparecen en las hojas intermedias y luego en las jóvenes. En las especies de los géneros *Brachiaria* y *Panicum maximum* se presentan los síntomas descritos, no así en *Andropogon gayanus*; en esta especie la altura de las plantas no se ve afectada, ni aparece una clorosis definida; el síntoma típico es la necrosis foliar de las hojas viejas, sin previa aparición de clorosis, que avanza del ápice a la base de las hojas, cubriendo los bordes y luego la parte central.

Preguntas

1. Clasifique los macronutrientes y nutrientes secundarios según su movilidad en la planta (A = alta movilidad; I = movilidad intermedia; B = baja movilidad).
N = Mg = Ca = P = S = K =
2. En las hojas viejas de la planta se espera que aparezcan inicialmente síntomas de deficiencia de los siguientes nutrientes: _____
3. El síntoma de una deficiencia de N es _____ debida a una disminución en la síntesis de _____.
4. La deficiencia de P tiene diversos efectos sobre las leguminosas que se manifiestan principalmente por _____ y _____.
5. En las gramíneas, la deficiencia de P se reconoce fácilmente por la aparición de un color _____ en las hojas debido a la acumulación de _____.
6. El síntoma de la deficiencia de K es _____, causado por la acumulación de _____.

Figura 2. Deficiencia de N en leguminosas



Stylosanthes sp.



Desmodium sp.

Figura 3. Deficiencia de N en gramíneas



A. gayanus



Brachiaria sp.

Figura 4. Deficiencia de P en leguminosas



Desmodium sp.



Pueraria sp.

Figura 5. Deficiencia de P en gramíneas

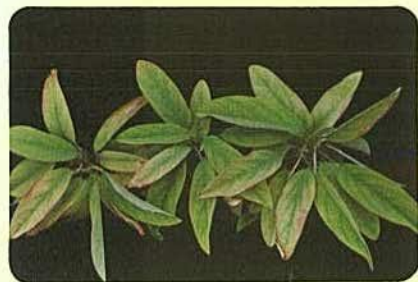


Brachiaria sp.



P. maximum

Figura 6. Deficiencia de K en leguminosas



Desmodium sp.



Stylosanthes sp.

Figura 7. Deficiencia de K en gramíneas



A. gayanus



Brachiaria sp.

Figura 8. Deficiencia de Ca en leguminosas



Desmodium sp.



Centrosema sp.

Figura 9. Deficiencia de Ca en gramíneas



A. gayanus



Brachiaria sp.

Figura 10. Deficiencia de Mg en leguminosas



Desmodium sp.



Pueraria sp.

Figura 11. Deficiencia de Mg en gramíneas



Brachiaria sp.



Brachiaria sp.

Figura 12. Deficiencia de S en leguminosas



Desmodium sp.



Pueraria sp.

Figura 13. Deficiencia de S en gramíneas



A. gayanus



Brachiaria sp.

2. Deficiencia de nutrimentos secundarios

2.1 Deficiencia de calcio

La función principal del calcio es mantener la estructura de las membranas celulares, de las cuales es uno de sus componentes. Por lo tanto, la deficiencia de este elemento, al afectar la organización celular, produce efectos násticos en los puntos de crecimiento (tejido meristemático) que se manifiestan por una deformación de las hojas. Otro factor que contribuye a este problema es la baja movilidad del calcio en la planta, que, ni aún en caso de extrema deficiencia, es translocado de los tejidos viejos hacia los tejidos jóvenes.

2.1.1 Deficiencia de Ca en leguminosas (Figura 8, páginas centrales)

La deficiencia de calcio en las leguminosas se reconoce por la aparición de una clorosis en

el ápice y en los bordes de las hojas más jóvenes, que además crecen encrespadas; su color verde es más oscuro en el centro de los folíolos, y en general en todas las hojas. Poco tiempo después se presenta la necrosis en el ápice y en los bordes de los folíolos. Otro síntoma que se observa con frecuencia es la producción abundante de rebrotes pequeños y cloróticos o de color café que se necrosan al poco tiempo.

Posteriormente, al agudizarse la deficiencia, en las hojas viejas también aparece una coloración verde oscura o parda; los ápices se necrosan y se enroscan hacia la haz, fenómeno denominado epinastia; este síntoma es más marcado en las especies de los géneros *Desmodium* y *Stylosanthes*. En las plantas de *Centrosema* el efecto nástico se manifiesta por un encrespamiento de la lámina foliar. En las especies de *Zornia* y *Desmodium* hay abscisión de las hojas necróticas.

2.1.2 Deficiencia de Ca en gramíneas (Figura 9, páginas centrales)

El primer efecto de la deficiencia de calcio en las gramíneas es la reducción del crecimiento de la planta; las hojas toman una coloración que puede ser amarilla, rojiza o parda; los ápices de las hojas jóvenes se necrosan y muestran un típico enroscamiento en espiral, por el efecto nástico de la deficiencia de calcio. En plantas de *Andropogon* los ápices necróticos se doblan y ocurre defoliación abundante.

En las especies de *Andropogon* y *Panicum maximum* el color de las hojas es rojizo, al igual que en *Brachiaria humidicola*; amarillo intenso en *B. brizantha* y color pardo en *B. ruziziensis*. En las especies de *Brachiaria* la coloración se inicia en el centro de las hojas y se va extendiendo hacia los bordes.

2.2 Deficiencia de magnesio

El magnesio es constituyente esencial de la molécula de la clorofila y consecuentemente la clorosis foliar que se manifiesta cuando hay deficiencia de este elemento se debe a una disminución de la síntesis de la clorofila.

Los síntomas de deficiencia de Mg se presentan inicialmente en hojas viejas e intermedias, debido a la rápida movilidad del Mg de los tejidos viejos hacia los órganos en crecimiento activo.

2.2.1 Deficiencia de Mg en leguminosas (Figura 10, páginas centrales)

Los síntomas de esta deficiencia se manifiestan por una clorosis intervenal progresiva que afecta inicialmente a las hojas viejas e in-

termedias de la planta. La clorosis avanza del ápice a la base de los folíolos, cubre uniformemente la lámina foliar, pero las nervaduras permanecen de color verde. En las especies *Stylosanthes* y *Centrosema* las hojas jóvenes permanecen cerradas. Al agudizarse la deficiencia, la clorosis afecta también a las hojas jóvenes, mientras que el ápice de las hojas viejas se necrosa.

En las especies del género *Zornia*, los síntomas no se presentan en una porción determinada de la planta, y la clorosis avanza de los bordes laterales al centro de los folíolos, permaneciendo verdes la nervadura central y las secundarias. Esta clorosis intervenal forma áreas definidas que tienen la apariencia de manchas, debido a la rápida movilidad del magnesio.

En *Stylosanthes* spp. el desarrollo de las plantas no se afecta mucho; las hojas viejas permanecen verdes, pero los ápices toman un color amarillento; las hojas intermedias presentan una clorosis intervenal, pero conservan las nervaduras verdes; las hojas jóvenes permanecen cerradas.

En las especies del género *Pueraria phaseoloides* los síntomas de la deficiencia son más notables que en las anteriores leguminosas, por ser mayor su requerimiento de magnesio. Todas las hojas adquieren una coloración amarillenta generalizada, y las nervaduras permanecen verdes. A medida de que la deficiencia se agudiza, se reduce el crecimiento foliar.

2.2.2 Deficiencia de Mg en gramíneas (Figura 11, páginas centrales)

En el caso de las gramíneas forrajeras la deficiencia de Mg se manifiesta inicialmente en las hojas viejas, en forma de franjas cloróti-

cas y verdes, alternadas a lo largo de las hojas, que empiezan en la base y avanzan hacia el ápice. Cuando la deficiencia es severa el listado aparece también en las hojas jóvenes, avanza de los bordes hacia la nervadura central, y desaparece poco tiempo después, al extenderse la clorosis en toda la lámina foliar.

En *Brachiaria* spp. las hojas jóvenes tienen un crecimiento reducido, clorosis leve y el listado no aparece definido. Cuando los síntomas progresan en las hojas viejas, la clorosis se generaliza, quedando visible el listado solamente en el tercio apical.

Panicum maximum

Inicialmente se presenta el listado foliar en forma generalizada: posteriormente las áreas verdes van empalideciendo poco a poco y la clorosis se presenta sólo en algunas zonas localizadas a lo largo de la hoja.

2.3 Deficiencia de azufre

Este elemento es indispensable para la síntesis de 3 aminoácidos: cistina, cisteína y metionina, componentes esenciales de la proteína, los cuales contienen aproximadamente el 90% del azufre que se encuentra en la planta. Este elemento participa en la formación de la clorofila, activa ciertas enzimas proteolíticas e interviene en la síntesis de varias vitaminas (biotina, tiamina, vitamina B1).

En general, la deficiencia de S ocurre en áreas de alta precipitación y donde existe una lixiviación considerable del S, debido a su alta solubilidad en el suelo.

Esta deficiencia se manifiesta en las plantas como una clorosis que cubre uniformemente primero las hojas jóvenes y luego, a medida que se agudiza la deficiencia, se extiende progresivamente a las hojas intermedias y,

finalmente, a las hojas viejas. Esto se debe a que la movilidad del S en la planta es menor que la del N y otros macronutrientes.

2.3.1 Deficiencia de S en leguminosas (Figura 12, páginas centrales)

Los síntomas de esta deficiencia son una clorosis que se inicia en las hojas jóvenes y se va extendiendo a toda la planta; las hojas quedan completamente amarillas. Generalmente las hojas viejas conservan su color verde, y sólo cuando la deficiencia es severa son afectadas por la clorosis.

Este síntoma es muy similar al que produce la deficiencia de N, pero esta última afecta principalmente a las hojas viejas de la planta. La deficiencia de S en las leguminosas causa también reducción del crecimiento de la planta.

En las especies de *Stylosanthes* la clorosis afecta también el ápice de las hojas viejas y avanza gradualmente hacia la base de los folíolos. En algunos casos se observa abundante emisión de rebrotes en la planta, cuyo crecimiento es reducido.

En las especies de *Centrosema* se observa además un pobre desarrollo de las plantas.

2.3.2 Deficiencia de S en gramíneas (Figura 13, páginas centrales)

Al igual que en las leguminosas, aparece en la planta una clorosis, acentuada en las hojas jóvenes e intermedias, las cuales muestran el color verde pálido tónico. Al agudizarse la deficiencia, se produce la necrosis de los ápices y márgenes de las hojas más afectadas; cuando la deficiencia es severa, se puede observar abundante necrosis foliar.

Preguntas

1. En las plantas, la deficiencia de Mg afecta inicialmente a las hojas _____ y se reconoce por la aparición de una clorosis _____.
2. El _____ es un componente de la pared celular; por tanto, su deficiencia produce efectos _____ que se manifiestan por una deformación de la lámina foliar.
3. La deficiencia de _____ causa una clorosis foliar progresiva y uniforme similar a la causada por deficiencia de _____, pero que afecta principalmente a las hojas jóvenes.
4. La deficiencia de _____, _____ y _____ afecta o reduce la síntesis de clorofila en la planta, lo que se traduce en amarillamiento o _____ foliar.
5. En las leguminosas con deficiencia de _____ y _____ es frecuente la producción anormal de rebrotes débiles y cloróticos.

Apendice

Metodología utilizada para el ensayo

- a. La semilla que se utilizó fue escarificada con papel de lija.
- b. La arena fue tratada con una solución del HCl al 10⁰/o y después de enjuagarla con agua doblemente deionizada se puso a secar.
- c. Para los semilleros se utilizaron pots Jiffy, previamente esterilizados, luego se llenaron con arena seca.
- d. Las plantas en los semilleros fueron regadas con agua doblemente deionizada.
- e. Para el transplante a las soluciones nutritivas se utilizaron frascos de vidrio color ámbar, forrados con papel de aluminio, para protegerlos de la luz y evitar la formación de algas; estos frascos fueron lavados con una solución de HCl al 10⁰/o y enjuagados con bastante agua deionizada; para los ensayos con boro se utilizaron frascos plásticos para evitar la contaminación, ya que el vidrio contiene boro.
- f. Para colocar las plantas en la solución nutritiva se utilizaron unas tablas pintadas que tenían 6 huecos; en cada tabla se colocaron 2 ecotipos con 3 plantas cada uno.
- g. Se preparó una solución de Tymol al 1⁰/o y se agregó 1 ml a cada frasco para prevenir los hongos.

Soluciones nutritivas

- a. Cada frasco contenía una solución nutritiva con todos los elementos más 10⁰/o del elemento a estudiar, durante 20 días después del trasplante; a los 21 días se renovaron las soluciones, y a éstas ya no se les agregó el elemento a estudiar. Algunos ecotipos, debido a su lento crecimiento inicial, permanecieron 40 días en la primera solución, es decir, en la que contenía un 10⁰/o del elemento a estudiar.
- b. El hierro a causa de su rápida oxidación, se le agregó a la solución nutritiva dos veces por semana.
- c. Para estudiar cada ecotipo se tenía un testigo que estaba en una solución nutritiva completa.
- d. Las soluciones fueron aireadas permanentemente y renovadas cada 20 días durante todo el experimento.
- e. Los elementos estudiados fueron:
Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S).
- f. Las concentraciones usadas en las soluciones se especifican en el Cuadro 1.
- g. Las soluciones fueron preparadas con reactivos químicos de alta pureza para lograr la máxima solubilidad posible (Cuadro 2).

Cuadro 1. Concentración (ppm) de cada elemento en la solución nutritiva de macronutrientes y nutrientes secundarios

Elemento	Forma del elemento en la solución	Control	Tratamientos					
			-N	-P	-K	-Ca	-Mg	-S
ppm								
N	N-NO ₃ ⁺	140	0	140	91	84	140	140
	N-NH ₄ ⁻	0	0	0	42	7	35	7
P	PO ₄ ⁼	15.5	15.5	0	15.5	15.5	15.5	15.5
K	K ⁺	253	253	234	0	234	234	234
Ca	Ca ⁺⁺	80	80	80	80	0	80	80
Mg	Mg ⁺⁺	24	24	24	24	24	0	24
S	SO ₄ ⁼	32	64	32	32	32	32	0

Cuadro 2. Composición de las soluciones nutritivas para macronutrientes y nutrientes secundarios

Tratamiento	KNO ₃	KCl	(NH ₄) ₂ SO ₄	Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O	CaCl ₂ · 2H ₂ O	MgSO ₄ · 7H ₂ O	MgCl ₂ · 6H ₂ O	NH ₄ H ₂ PO ₄	KH ₂ PO ₄	NaCl	NH ₄ NO ₃
Control	1 M \a	-	-	1 M	-	1 M	-	-	1 M	1 M	-
	6 \b	-	-	2	-	1	-	-	0.5	0.5	-
- N	-	1 M	-	-	1 M	1 M	-	-	1 M	1 M	-
	-	6	-	-	2	1	-	-	0.5	0.5	-
- P	1.0	-	-	1 M	-	1 M	-	-	-	1 M	-
	6	-	-	2	-	1	-	-	-	0.5	-
- K	-	-	-	1 M	-	1 M	-	1 M	-	1 M	1 M
	-	-	-	2	-	1	-	0.5	-	0.5	2.5
- Ca	1.0	-	-	-	-	1 M	-	1 M	-	1 M	-
	6	-	-	-	-	1 M	-	0.5	-	0.5	-
- Mg	1.0	-	1 M	1 M	-	-	-	1 M	-	1 M	-
	6	-	1	2	-	-	-	0.5	-	0.5	-
- S	1 M	-	-	1 M	-	-	1 M	1 M	-	1 M	-
	6	-	-	2	-	-	1	0.5	-	0.5	-

a/ Solución patrón

b/ ml/lt

Lecturas Complementarias

1. ANDREW, C.S., and PIETERS, W.H.J. 1970a. Manganese toxicity symptoms of one temperate and seven tropical pasture legumes. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia, Technical Paper No. 4. 8p.
2. ANDREW, C.S. and PIETERS, W.H.J. 1970b. Effect of potassium on the growth and chemical composition of some pasture legumes, CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia. Technical Paper No. 5. 11p.
3. ANDREW, C.S. and PIETERS, W.H.J. 1972a. Foliar Symptoms of Mineral Disorders in *Desmodium intortum*. CSIRO, División of Tropical Pastures, Australia, Technical Paper No. 10, 14p.
4. ANDREW, C.S. and PIETERS, W.H.J. 1972b. Foliar Symptoms of Mineral Disorders in *Phaseolus atropurpureus*. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia. Technical Paper No. 11. 13p.
5. ANDREW, C.S., and FERGUS, I.F. 1976. Plant Nutrition and Soil Fertility. pp. 101-133. In Shaw, N.H., and W.W. Bryan (eds.) Tropical Pastures Research, Principles and Methods. CSIRO, Brisbane, Australia.
6. HOAGLAND, D.R. and ARNON, D.I. 1950. The water culture method for growing plants without soil. The College of Agriculture, Univ. of California, Berkeley, Circular No. 34. 31p.

7. SALINAS, J.G. 1980a. Adaptación de plantas a toxicidades de aluminio y manganeso en suelos ácidos. pp. 399-420. In F. Silva (Ed.) Fertilidad de Suelos - Diagnóstico y Control. SCSS, Bogotá, Colombia.
8. SALINAS, J.G. 1980b. Requerimientos Nutricionales en Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. 87p.
9. SMITH, F.W. 1972. Foliar Symptoms of Nutrient Disorders in *Panicum maximum* var. *trichoglume* cv. Petrie. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia, Technical Paper No. 9, 10p.
10. SMITH, F.W. 1973. Foliar Symptoms of Mineral Disorders in *Chloris gayana*. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia. Technical Paper No. 13. 9p.
11. SMITH, F.W., and VERSCHOYLE, M.J.S. 1973. Foliar Symptoms of Nutrient Disorders in *Paspalum dilatatum*. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia. Technical Paper No. 14. 9p.
12. SMITH, F.W. 1974. Foliar Symptoms of Nutrient Disorders in *Cenchrus ciliaris*. CSIRO, Division of Tropical Pastures, Australia. Technical Paper No. 16. 10p.

