

XIII. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS VEGETAL

13.1. Diagnóstico vegetal.

13.1.1. Sintomatología visual.

El síntoma es el resultado...se debe buscar la causa

La sintomatología visual es la primera herramienta disponible para conocer la situación nutricional de una planta y la identificación de los signos de hambre de nutrimentos es un arte que puede llegar a dominarse con la práctica.

Los síntomas de deficiencias y toxicidades nutricionales resultan de un desbalance metabólico dentro de la planta, asociado con la función de un determinado nutrimento que participa como elemento esencial en un proceso fisiológico ya sea activando o regulando la velocidad de un proceso enzimático, o bien porque el nutrimento es un constituyente estructural de un metabolito esencial o de un complejo macromolecular.

La localización del síntoma tiene relación con la movilidad de los nutrimentos en cantidad e intensidad del estrato de mantenimiento (hojas viejas o enfermas) al estrato de síntesis (hojas jóvenes, superiores, flores o frutos).

Algunos nutrimentos como nitrógeno, fósforo y potasio se retranslocan muy fácilmente de las hojas viejas al tejido nuevo, de modo que los síntomas de estas deficiencias ocurren inicialmente en las hojas viejas.

El calcio y el boro parecen no retranslocarse de las hojas viejas al tejido nuevo bajo ninguna circunstancia y por lo tanto para estos nutrimentos los síntomas de deficiencia ocurren generalmente en las zonas de la planta de nuevo crecimiento.

El magnesio se considera tan móvil como el N, P y K, pero en muchas ocasiones pueden presentarse los síntomas de deficiencia en las hojas nuevas, muy posiblemente porque la velocidad de movimiento a partir de las hojas viejas es insuficiente para satisfacer los requerimientos del nuevo crecimiento, como el caso del pedúnculo de la vid.

El manganeso y el fierro se retranslocan de las hojas viejas, pero en el caso del manganeso el síntoma de deficiencia se observa mas bien en hojas recientemente maduras (hojas intermedias) que en hojas jóvenes esto indica que las hojas maduras tienen mayores requerimientos internos que las hojas nuevas. El síntoma de deficiencia de fierro se desarrolla en primera instancia en las hojas nuevas.

Los síntomas visuales se manifiestan con cambios en el color o malformación de las hojas, tallos o fruto o bien a través de modificaciones morfológicas generales de la planta.

En un intento por desarrollar una guía para apoyar el diagnóstico visual de deficiencias nutricionales y toxicidades iónicas específicas, se hace una descripción general y simple de claves para identificarlas. El diagnosticador experimentado hallará y reconocerá excepciones a los lineamientos generales y aunque mencione algunas excepciones comunes, estoy seguro que usted encontrará otras. Sugiero que, al usar esta guía anote sus propias "excepciones" y refinamientos para sus cultivos. Esto hará la guía más útil para los cultivos específicos sobretodo para quien puede combinar el trabajo de campo y de laboratorio.

13.2. Descripción de síntomas.

Cambios de color en hojas viejas, o inferiores lo más relevante, síntomas localizados o generalizados; alteración en el crecimiento total de la planta.

13.2.1. Síntomas difundidos en toda la planta.

Nitrógeno. Clorosis en toda la planta; las hojas viejas se amarillean a partir de la punta hacia la base, deshidratándose con color café pálido en forma de "V" (maíz y sorgo). Tallos cortos y delgados; en los cereales el amacollamiento es escaso. La raíz en relación con la parte aérea es muy larga y con pocas ramificaciones. Las plantas son pequeñas y ahiladas con apariencia rígida. Los frutos también son pequeños.

Fósforo. Follaje verde oscuro con tonos morados en hojas, tallos, pecíolos y venas. Tallos cortos y delgados, escaso amacollamiento en cereales. Raíz larga poco ramificada con anchas café rojizas. Las plantas son pequeñas mismo que

sus hojas, semillas y frutos, y de apariencia rígida. En daño por frío también se desarrollan tonalidades moradas.

13.2.2. Síntomas mayormente localizados.

Potasio. Decoloración café y necrosado en hojas viejas a partir de las puntas y avanzando hacia la base por los márgenes (maíz y sorgo). Las hojas del algodón con frecuencia son gruesas y quebradizas (acartonadas). Los tallos son débiles y las plantas se acaman. Las raíces son largas, amarillentas y corriosas con poca ramificación, las plantas aparentan marchitamiento, y tienen poca resistencia al frío. Los frutos y semillas son de mala calidad.

Magnesio. Clorosis intervenal en hojas viejas de plantas dicotiledóneas con franjas rojo violáceo en algodón o vid roja, en las gramíneas se observa un collar de puntos cloróticos a lo largo de las venas que pueden estar rodeados de un fuerte enrojecimiento. Tallos y hojas anormalmente delgadas.

13.2.3. Síntomas en hojas jóvenes o superiores y eventualmente en hojas intermedias.

La yema terminal crece normalmente.

Hojas jóvenes no marchitas; clorosis con o sin necrosis en la parte basal o distribuida en toda la hoja.

Manganeso. Hojas de color amarillo grisáceo o rojizo grisáceo con venas verdes, pronto proviene la necrosis, las áreas muertas se caen y dan a la planta un aspecto deshilachado. En la avena provoca la peca gris ("gray speck"). Con frecuencia ocurre primero la deficiencia en hojas intermedias. Raíces poco

desarrolladas y de color café en las gramíneas la clorosis se da en franjas y en dicotiledóneas aparenta un mosaico.

Hojas jóvenes muestran clorosis sin necrosis generalmente; las venas pueden ser pálidas u oscuras y en parte también cloróticas

Fierro. Clorosis de las hojas jóvenes las plantas y los márgenes conservan el color por mas tiempo. Las nervaduras permanecen verdes en caso extremo también son cloróticas. La hoja afectada se curva hacia arriba. Finalmente la hoja entera se vuelve amarillo-blanquizca. Las raíces son cortas de color café y profusamente ramificadas. Ocurre en suelos calcáreos o alcalinos, pero también en suelos manganíferos.

Azufre. Hojas jóvenes amarillo verdosas incluyendo las nervaduras. Con frecuencia las venas más pálidas que la lamina foliar. La planta en general es verde pálido y da apariencia rígida similar a la falta de nitrógeno. Los tallos son delgados y leñosos y anormalmente con entrenudos alargados. La raíz es profusa y blanca.

Hojas jóvenes marchitas

Cobre. En las gramíneas las hojas se enrollan y ponen blancas sin amarillarse. Fuerte ahijamiento, tallos delgados. Se inhibe o interrumpe la formación de espigas. Espigas blancas y vacías. En las dicotiledóneas las hojas jóvenes se cuelgan y en veces se malforman. El crecimiento generativo es mas afectado que el vegetativo. Se mal forma y afecta la inflorescencia. En frutales los extremos de las ramas se resecan y se deshojan. El crecimiento de raíz se limita y las raicillas son largas, delgadas y blancas.

La yema terminal se muere después de que las hojas jóvenes se mal forman de la punta o de la base.

Calcio. Las hojas jóvenes de las puntas de las ramas se tuercen. Las inflorescencias se secan como daño por tizón. La pudrición apical es típica en tomate, chile, pepino, sandía. En manzano provocan acorchamiento del fruto. En lechuga y otras verduras desarrolla necrosis marginal. Las raíces son cortas y café oscuras o negras.

Boro. Yemas gruesas, pequeñas y deformes. Las hojas jóvenes de la yema terminal se decoloran a partir de su base. La hoja se deforma a partir de su base. La hoja se deforma y se tuerce con un aspecto áspero acartonado. Los entrenudos son cortos, se detiene el crecimiento y se mueren las puntas de crecimiento. Hay tallos huecos o rajados y en los tubérculos hay corazón café. Las raíces son muy cortas con puntas redondeadas y gruesas de color café.

13.2.4. Síntomas en hojas jóvenes y/o viejas.

Molibdeno Síntomas similares a la falta de nitrógeno en leguminosas. En tomate y cítricos aparecen moteado amarillento. Los márgenes y puntas se necrosan como por exceso de nitratos. Perforaciones intervenales. Crece la vena central pero no la lámina foliar. En coliflor se da la cola de látigo. Con frecuencia son más afectadas las hojas jóvenes.

Zinc Clorosis que avanza rápidamente con zonas muertas en hojas jóvenes o viejas. (la clorosis puede llegar al color blanco). Las hojas jóvenes son muy pequeñas, angostas y gruesas. Los tallos son entrenudos muy cortos, "enanismo".

Con frecuencia hay formación de roseta en las puntas de las ramas en crecimiento. El desarrollo de la raíz se limita poco.

13.3. Funciones de los nutrimentos esenciales.

| NUTRIMENTO | PROCESO FISIOLÓGICO | ACTIVADOR DE ENZIMAS | CONSTITUYENTE |
|-------------------|--|---------------------------------|---|
| Nitrógeno | Síntesis de proteínas y función estructural | | Aminoácidos, proteínas, nucleótidos, clorofila. |
| Fósforo | Transferencia de energía e integridad de membrana | | ATP, nucleótidos y fosfolípidos |
| Potasio | Translocación y apertura estomática | + | |
| Azufre | Síntesis de proteínas y función estructural | | Aminoácidos, proteínas y coenzimas. |
| Calcio | Mantenimiento de la membrana | + | Pectatos de calcio. |
| Magnesio | Asimilación de CO ₂ | + | Clorofila |
| Boro | Síntesis de nucleótidos y translocación de asimilatos | | |
| Cloro | Mantenimiento de la neutralidad eléctrica y del turgor interno | | |
| Cobre | Síntesis de lignina | | Acido ascórbico-oxidasa, fenolasas y plastocianina. |
| Fierro | Transporte de electrones | | Porfirinas y ferradoxinas |
| Manganeso | Oxido-reducción y transporte de e ⁻ | + | |
| Molibdeno | Fijación de N ₂ y reducción de NO ₃ | | Nitrogenasa y nitrato-reductasa |
| Zinc | Síntesis de nucleótidos y metabolismo de auxinas | + | Dehidrogenasas |

13.4. La metodología del diagnóstico.

La metodología del diagnóstico se refiere al uso de todos los conocimientos y herramientas para estudiar las condiciones en el campo y encontrar como puede producir mejor un suelo.

El diagnosticador requiere experiencia y conocimiento. Hay muchas pistas falsas. Para hacer un buen trabajo, el diagnosticador debe empezar con observaciones hachas en el campo.

13.4.1. Equipo indispensable para el recorrido de campo.

- Una varilla. Para evaluar compactación.
- Una pala recta. Para observar las raíces y el suelo.
- Una navaja. Para observaciones internas de tejidos.
- Una lupa. Para observar enfermedades o insectos.
- Una libreta. Para anotar observaciones.
- Una "mente abierta". Para evitar prejuicios y desviaciones.

Para ser un buen diagnosticador se tiene que mirar que hay detrás de los problemas de fertilidad y que hay detrás de los análisis de suelo y planta y conocer el medio ambiente de la planta.

Este conocimiento puede ayudar a identificar un problema que está induciendo o magnificando una escasez aparente de nutrientes. Por eso es muy importante observar todos los factores que pueden ser limitantes de la producción.

13.4.2. Factores limitantes de la producción.

FACTORES GENÉTICOS:

El potencial de rendimiento y la adaptabilidad al medio ambiente de un híbrido o variedad afecta al comportamiento de un cultivo.

FACTORES AMBIENTALES:

Clima y suelo. La temperatura fría del suelo reduce la descomposición de la materia orgánica. Esto retarda la liberación de nitrógeno y otros nutrimentos. También los nutrimentos son menos disponibles en un suelo frío incrementando la deficiencia potencial. El fósforo y el potasio difunden mas lentamente en suelos fríos. La actividad radical decrece.

Las condiciones de suelo seco pueden crear deficiencia. Boro cobre y potasio son buenos ejemplos. Esto explica porqué con tales nutrimentos los cultivos responden mejor cuando están presentes en períodos secos. La sequedad retarda el movimiento de los nutrimentos a las raíces.

La alta humedad relativa y baja intensidad luminosa por nublado afecta la translocación de nutrimentos por transpiración como es el caso de calcio. En suelos alcalinos ricos en carbonatos de calcio y/o magnesio se reduce la disponibilidad de fósforo y de microelementos. En los suelos sin reacción de carbonatos es común el desbalance Ca/Mg.

Los problemas de salinidad generalmente ocurren en áreas localizadas debido a nivelaciones del terreno, mantos freáticos elevados, zonas de mal drenaje o por el uso de aguas de mala calidad para riego agrícola.

FACTORES BIOLÓGICOS:

Insectos. No confundir el daño por insectos con síntoma de deficiencia. Examinar los daños por insectos, en raíces tallos y hojas.

Para detectar enfermedades una observación detallada con la ayuda de una lente puede mostrar las diferencias entre enfermedades bacterianas y fungosas respecto deficiencias nutricionales. Las malezas compiten con las plantas agrícolas por luz, agua, aire y nutrimentos. Algunas malezas pueden liberar sustancias nocivas al crecimiento de los cultivos (alelopatía). Es necesario identificar las malezas y conocer los productos para su control.

Los herbicidas hoy son muy usados y bajo ciertas condiciones las plantas puede sufrir de daños por toxicidad. Es necesario conocer los síntomas.

FACTORES CULTURALES:

Fechas de siembra. Esta afectará la apariencia del cultivo y el crecimiento óptimo. Es importante conocer las etapas fenológicas.

La preparación del terreno puede influir en la cantidad e intensidad de la disponibilidad de nutrimentos. En suelos compactados se reduce la asimilación de fósforo y potasio. El barbecho puede enterrar la capa arable y/o llevar las sales del subsuelo a la superficie. El cinceléo en suelo con mantos freáticos elevados acelerará la salinidad.

El método de siembra afecta la posibilidad de aplicar fertilizantes en banda. Una alta dosis aplicada en banda puede inducir deficiencia. El acolchado modifica la dinámica nutricional. El manejo adecuado de las practicas de riego y drenaje son esenciales para el buen crecimiento del cultivo. Es importante saber el calendario

de riego y laminas aplicadas en sistemas de riego presurizado es muy necesario conocer la calidad del agua de riego. La localización de fertilizantes en tiempo y espacio así como cantidad es importante para evitar deficiencias nutricionales.

Finalmente se recuerda que para hacer un buen diagnóstico de los problemas es mejor mientras mayor información se puede tener antes de visitar el campo. Las anotaciones deberán ser sistemáticas y una lista de ellas evitará olvidar información

13.5. Técnicas de muestreo vegetal.

La utilidad del análisis vegetal para el diagnóstico y monitoreo de la situación nutricional depende mucho de la estrategia de muestreo, preparación y análisis del material recolectado.

El gran avance tecnológico en instrumentación analítica así como el constante esfuerzo en la calibración y correlación de métodos de laboratorio ha conducido a considerar la técnica de muestro como el punto débil del análisis vegetal, de modo que el axioma de Jackson para el análisis de suelo también puede ser aplicado aquí:

"El análisis no puede ser mejor que la muestra"

En el análisis vegetal se distinguen básicamente tres propósitos: Evaluación de diagnóstico, monitoreo y de predicción.

Diagnóstico. Se emplea para conocer la causa de un crecimiento anormal o para confirmar el diagnóstico hecho en base a sintomatología o análisis de suelo.

Monitoreo. Se realiza para conocer la dinámica nutricional del cultivo durante su crecimiento y desarrollo, así como para ajustar las prácticas de fertilización o medir el efecto de prácticas de manejo agronómico v.gr. riego y asegurar que un abasto nutricional es satisfactorio.

Predicción. Se lleva a cabo en etapas tempranas del cultivo para predecir y en consecuencia evitar deficiencias nutricionales que limiten el crecimiento vegetal y su producción. En ocasiones se analiza el fruto para predecir su comportamiento de anaquel o bien analizan semillas con el fin de prever deficiencias nutricionales en cultivos subsecuentes.

En cada caso se pueden identificar deficiencias latentes llamada "hambre oculta" la cual limita la producción sin que las plantas exhiban síntomas obvios de deficiencia.

Es importante reconocer el propósito del análisis porque la intensidad y patrón o técnica de muestreo varía considerablemente par cada uno. Sin embargo, en todos los métodos es indispensable informarse detalladamente de las condiciones del sitio y de manejo del cultivo antes y en el momento del muestreo.

La plática con el productor debe dar respuesta a las preguntas siguientes:

- ¿Cuál es la variedad o híbrido, fecha de siembra y densidad de población?
- ¿Qué condiciones estacionales han sido extremas o anormales?
- ¿Qué rotación de cultivos e intensidad de labranza ha empleado?
- ¿Qué tipo de plagas y/o enfermedades ha observado o considera que están presentes?
- ¿Qué clase de abonos o mejoradores ha aplicado?

- ¿Qué fuentes, dosis, épocas y técnicas de fertilización se han seguido y si hubo alguna modificación reciente ?
- ¿Se ha aplicado fertilización foliar?
- ¿Qué tipo de riego se emplea y si se dispone de información sobre lámina, momento, frecuencia o duración, así como calidad del agua?
- ¿Han ocurrido los mismos síntomas en otras ocasiones y bajo que condiciones?
- ¿Se asocian los síntomas con ciertas características del suelo?
- ¿Ha usado análisis de suelo y planta y que fue lo más relevante en ellos?

Es de suma importancia anotar que si el muestreo lo realiza el propio productor, éste tiene que proporcionar detalles relevantes que permitan una adecuada interpretación de los resultados de laboratorio. En este caso el interprete no posee una "bola de cristal".

La imprecisión o descuido en el muestreo conduce invariablemente a interpretaciones inconsistentes o erróneas y en última instancia al descrédito del valor del análisis vegetal. De ahí que la adopción comercial exitosa del análisis vegetal depende finalmente del desarrollo de estrategias de muestreo que concilien adecuadamente la variabilidad del suelo y el cultivo.

13.6. Estrategias de muestreo.

Patrón homogéneo. Si el patrón de campo muestra al cultivo uniformemente afectado, o si se desea confirmar un supuesto desorden con la ayuda del análisis vegetal entonces solo es necesario recolectar una muestra y su tamaño depende de la cantidad de material necesario para el análisis químico, comúnmente de 20

a 100 plantas completas o partes de plantas (hojas, pecíolos, etc.) se colectan y combinan para elaborar una muestra compuesta.

Se eliminan los efectos de bordos y orillas y con ello de esquina. Se procura un rectángulo y se colectan muestras en diagonal o en una línea central debiéndose desplazar en zig-zag.

Si no se han obtenido muestras de suelo, cada tercer o cuarto sitio de muestreo vegetal se colectan muestras de suelo y subsuelo para finalmente combinar las submuestras para una muestra compuesta.

Patrón de campo heterogéneo. Esto sucede cuando el desarrollo anormal del cultivo se presenta en franjas rectas u onduladas, en círculos o bien amorfo y muy disperso. Aquí el muestreo tendrá que ser sistemático tomando muestras con diferentes grados de severidad del daño o muestras apareadas representando plantas normales y plantas enfermas. Se recolectan plantas completas o parte de plantas sanas y enfermas, generalmente 40 a 60 plantas, y cada 5 u 8 o bien cada 6 ó 10 sitios se toman muestra de suelo y subsuelo para contrastar también las propiedades fisicoquímicos del suelo inmediatamente subyacente a las plantas sanas o enfermas. En casos extremos se colectan plantas vecinas con y sin problema y su respectivo suelo y subsuelo.

Es importante señalar que no se deben incluir en una muestra compuesta plantas de diferente edad cronológica o fisiológica.

Monitoreo. Se realiza para determinar la dinámica nutricional colectando muestras de plantas completas, incluyendo la raíz, en diferentes etapas fenológicas y como se mide la extracción de nutrimentos es muy importante nó olvidar medir el peso seco por planta u órgano y contar con un tratamiento testigo

sin fertilización. También se emplea para ajustar periódicamente las necesidades de fertilización del cultivo sobretodo en fertirrigación.

Es de suma importancia que se establezca áreas de muestreo. Se recomienda que en el rectángulo formado una vez eliminado el efecto de bordos y orillas se marquen seis áreas de muestreo de 9 m² cada una y se colecten muestras en cada etapa, procurando no muestrear áreas adyacentes.

En sistemas de riego presurizado se muestrea a través de 4 líneas de cuando menos 200 m por sección de riego, y cada vez se muestrean las mismas líneas por lo que es necesario marcarlas para facilitar su localización en los muestreos.

Predicción. La técnica de muestreo es similar a la descrita para diagnóstico con patrón de campo homogéneo. Solo que en este caso se trata prácticamente de una "autopsia" para el cultivo establecido y la información será utilizada para próximos ciclos agrícolas. Sin embargo, también puede aplicarse la modalidad del diagnóstico diferencial si se aprecian anomalías en el fruto o la semilla y entonces se sugiere complementar el muestreo vegetal con la recolección de muestras de suelo y subsuelo correspondiente a la situación del producto cosechado.

Enseguida se describen el momento, órgano y cantidad de muestra para fines de diagnóstico y análisis vegetal en cultivos agrícolas.

13.7. Técnica de muestreo.

| CULTIVO - ETAPA | ORGANO DE MUESTREO | No. PLANTAS A MUESTREAR |
|--------------------------------------|---|-------------------------|
| CEREALES | | |
| TRIGO, CEBADA, AVENA, CENTENO | | |
| Amacollamiento | Base de tallo, hojas | 60 - 80 |
| Encañe | Base de tallo, hojas | 30 - 40 |
| Espigamiento | Base de tallo, hojas | 15 - 20 |
| Grano lechoso | Hoja bandera | 20 - 30 |
| ARROZ | | |
| Planta 30 cm | Parte aérea total | 60 - 80 |
| Espigamiento | 1 y 2 hojas bajo la panoja | 150 - 200 |
| MAIZ | | |
| V3 - V8 | Base del tallo, toda la planta | 20 - 30 |
| V9 - V15 | Base del tallo, hojas maduras | 20 - 25 |
| VT - R1 | Base del tallo, hoja inferior opuesta a mazorca | 20 - 25 |
| SORGO | | |
| V3 a V8 | Base del tallo, toda la planta | 20 - 30 |
| Antes de aparición de panoja | Base del tallo, 2ª. Hoja superior | 20 - 25 |
| Floración media | Base del tallo, 2ª. Hoja superior | 20 - 25 |
| LEGUMINOSAS | | |
| FRIJOL, SOYA | | |
| V3 a V4 | 2do. Trifolio y peciolo | 30 - 40 |
| V5 - V8 | 4to. trifolio y peciolo | 20 - 30 |
| Floración | 2 a 3 hojas maduras superiores | 20 - 30 |
| TREBOL, ALFALFA | | |
| Antes de floración | Tercio superior | 40 - 50 |

| CULTIVO - ETAPA | ORGANO DE MUESTREO | No. PLANTAS A MUESTREAR |
|----------------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| OLEAGINOSAS Y FIBRAS | | |
| CARTAMO | | |
| Planta 30 – 50 cm | 2 a 3 hojas maduras superiores | 40 – 60 |
| Botón floral | 2 a 3 hojas maduras superiores | 20 - 30 |
| AJONJOLÍ, CANOLA, GIRASOL | | |
| Planta 30 – 50 cm | | |
| Floración | Toda la planta | 20 – 30 |
| | 2 a 3 hojas maduras superiores | 40 – 60 |
| ALGODON | | |
| Inicio de cuadro | Planta completa | 20 – 30 |
| 1ª. Floración | 4º Y 5º hoja y pecíolo superior | 40 – 50 |
| Pico de floración | 4º Y 5º hoja y pecíolo superior | 40 – 50 |
| 1er. capullo abierto | 4º Y 5º hoja y pecíolo superior | 40 – 50 |
| Madurez | 4º Y 5º hoja y pecíolo superior | 40 - 50 |
| TUBERCULOS | | |
| PAPA, JICAMA | | |
| 6 a 8 hojas, form. espolones | 4º hoja y pecíolo superior | 40 – 50 |
| Inicio de tuberización | 4º hoja y pecíolo superior | 40 – 50 |
| Crecimiento de tubérculo | 4º hoja y pecíolo superior | 40 - 50 |
| HORTALIZAS | | |
| TOMATE | | |
| Floración temprana | 4º hoja y pecíolo superior | 25 – 30 |
| Fruto 2.5 cm | 4º hoja y pecíolo superior | 25 – 30 |
| Primera coloración | 4º hoja y pecíolo superior | 30 - 40 |
| CHILE | | |
| Antes de floración | 4ª a 6ª hoja y pecíolo superior | 50 – 60 |
| Inicio floración | 4ª a 6ª hoja y pecíolo superior | 30 – 40 |
| Formación fruto | 4ª a 6ª hoja y pecíolo superior | 30 – 40 |
| 1er corte, 2º corte, etc. | 4ª a 6ª hoja y pecíolo superior | 30 - 40 |

| CULTIVO - ETAPA | ORGANO DE MUESTREO | No. PLANTAS A MUESTREAR |
|---|-------------------------------------|-------------------------|
| HORTALIZAS | | |
| MELON, SANDIA | | |
| 3 a 4 hojas | 5ª a 6ª hoja madura | 40 - 50 |
| Crecimiento rápido de guía | 5ª a 6ª hoja madura | 40 - 50 |
| Fruto 5 cm | 5ª a 6ª hoja madura | 40 - 50 |
| Tamaño completo | 5ª a 6ª hoja madura | 40 - 50 |
| CALABAZA | | |
| 3 a 4 hojas | Hoja madura | 20 - 30 |
| 6 a 8 hojas | Hoja madura | 15 - 25 |
| Floración - Fructificación | Hoja madura | 15 - 25 |
| Producción | Hoja madura | 15 - 25 |
| PEPINO | | |
| Antes de cada fructificación | Hoja madura superior al fruto nuevo | 20 - 30 |
| Producción | | 20 - 30 |
| APIO LECHUGA, ESPINACA | | |
| Antes de encabezado | Hoja madura central | 15 - 20 |
| BETABEL, CEBOLLA | | |
| RABANO, ZANAHORIA | | |
| Crecimiento medio, antes de crecimiento radical | Hoja madura central | 20 - 30 |
| CHICHARO | | |
| Antes de floración | 3ª a 5ª hoja superior | 40 - 60 |
| FRIJOL EJOTERO | | |
| Antes de floración | Hojas maduras superiores | 20 - 30 |
| Antes de envainar | Hojas maduras superiores | 20 - 30 |

13.8. Análisis vegetal.

El crecimiento, desarrollo y producción de las plantas agrícolas requiere un suministro continuo y adecuado de nutrimentos minerales esenciales, pero si éste es limitado, el crecimiento de la planta se retrasa o detiene, y en última instancia resulta en desordenes nutricionales o fisiológicos.

El análisis vegetal es una técnica de diagnóstico que permite el uso del contenido mineral de las plantas como indicador de su situación nutricional y/o fisiológica asociada al logro de altos rendimientos y mejores características de calidad del producto cosechado, en relación con el grado de abastecimiento y disponibilidad nutricional del sustrato, generalmente el suelo.

En la época moderna se ha desarrollado un renovado interés por el análisis vegetal debido al mejoramiento de la instrumentación analítica, al incremento en los estudios de calibración, pero sobretodo a la creciente demanda de nutrimentos por los cultivos con alto potencial de rendimiento y la implementación de las innovaciones tecnológicas para alcanzarlo.

El análisis del suelo generalmente precede al análisis vegetal en las recomendaciones de fertilización. Sin embargo, el análisis vegetal en combinación con el análisis de suelo es un camino excelente para desarrollar un sólido programa de fertilización para la producción agrícola. Mientras que el análisis de suelo indica disponibilidad relativa de nutrimentos en el suelo para uso del cultivo, el análisis vegetal indica cuáles y cuánto de los nutrimentos ha sido absorbido por la planta.

Las hojas se consideran el foco de la actividad fisiológica y los cambios en la nutrición mineral se reflejan en las concentraciones de nutrimentos. Sin embargo, es muy importante considerar que el contenido mineral de las plantas es influenciado por diversos factores propios de la planta, las propiedades del suelo, las condiciones climáticas y el manejo agronómico.

Factores de la planta. Hay híbridos o variedades con marcada incapacidad genética para controlar la toma de nutrimentos en situaciones de falta o exceso de ellos en el suelo.

La composición mineral varía de un órgano a otro, así como con la edad del órgano. Generalmente se analiza solo la parte aérea, pero en casos específicos se incluye la raíz. En cereales se está implementando con éxito el análisis en la base del tallo. En vid, algodón y hortalizas se acostumbra analizar los pecíolos, en frutales las hojas y actualmente se incluye el análisis de savia como prueba rápida.

Propiedades del suelo. Las condiciones físicas y químicas así como biológicas del suelo influyen en la disponibilidad nutricional y con ello en la toma por la planta reflejándose en su contenido.

Factores climáticos. La precipitación, humedad relativa, luz y temperatura afectan la concentración mineral de las plantas.

Manejo agronómico. La labranza, el riego, la fertilización y las enfermedades alteran también la concentración de los nutrimentos.

Como se puede observar, los mismos factores que influyen en la concentración mineral de las plantas son los que limitan la producción vegetal de ahí su interrelación.

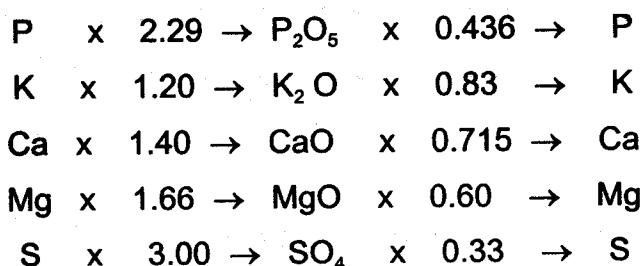
13.9. Interpretación del análisis vegetal.

13.9.1. Expresión de resultados.

Los contenidos de macronutrientes se expresan en por ciento (%) y los micronutrientes en partes por millón (ppm).

El nitrógeno (N) se determina como nitrógeno total N_T en % y muy frecuentemente como $N-NO_3$ en ppm.

Los macronutrientes fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) es común que se expresen en forma de óxidos: P_2O_5 , K_2O , CaO , MgO y SO_4 y por lo tanto se deben conocer los factores de conversión.



Los micronutrientes se expresan en ppm de B, Cu, Fe, Mn, Mo y Zn y corresponde a nutrientes totales, en caso de que sean nutrientes solubles esto debe quedar claramente especificado.

Los nutrientes útiles sodio (Na) y cloro (Cl) se expresan en %.

Para transformar valores en % a valores en ppm se multiplica % x 10 000 o bien se dividen los ppm entre 10 000 para convertir a %.

Algunos autores expresan los resultados en partes por mil (0/00), los cuales se dividen entre 10 para tener los valores en %.

En situaciones muy especiales se requiere transformar los contenidos nutrimentales en miliequivalentes y entonces se tienen los siguientes factores de conversión:

$$\text{Meq K} = \% \text{ K} / 0.039$$

$$\text{Meq Ca} = \% \text{ Ca} / 0.020$$

$$\text{Meq Mg} = \% \text{ Mg} / 0.012$$

$$\text{Meq Na} = \% \text{ Na} / 0.023$$

En las relaciones nutricionales es muy importante que tanto el valor del numerador como el denominador se expresen en la misma dimensión v.gr %/%, ppm/ppm o meq/meq.

Cuando se tienen relaciones de macronutrientes sobre micronutrientes, convencionalmente se multiplican los valores de los micronutrientes x 100 para no obtener valores muy grandes o muy pequeños, pero esto debe ser claramente señalado.

13.9.2. Interpretación de resultados.

Los valores de los contenidos nutricionales se clasifican mediante las escalas correspondientes según el órgano y la etapa de muestreo y se analizan las posibles causas de los niveles nutrimentales por encima y por debajo del nivel de suficiencia.

Se consultan los resultados del análisis de suelo y de calidad del agua si están disponibles, así como del manejo agronómico del cultivo si es posible.

Enseguida se presenta información para apoyar la toma de decisiones en la interpretación del análisis vegetal.

Si se emplean relaciones es muy importante no perder de vista el concepto de valor crítico pues en el caso de fierro por ejemplo si se contrastan los valores de plantas enfermas/plantas sanas se puede tener la misma relación $10/20=0.5$ y $100/200=0.5$, pero en el primer caso ambos valores caen en el intervalo bajo y en el segundo de suficiencia.

En el DDI el uso de los índices para la relación agua-suelo-planta permite establecer estrategias de solución con un enfoque económico y sustentable.

13.9.3. Recomendaciones.

En principio debe quedar bien claro que la emisión de recomendaciones es tarea del asesor técnico especializado en contacto directo con las condiciones socioeconómicas del productor y el mercado de los fertilizantes.

Por ejemplo, si el resultado del análisis indica deficiencia de nitrógeno se tiene que decidir sobre la dosis, fuente, momento y técnica de aplicación y esto requiere conocimiento y experiencia que se adquiere solo con el estudio vinculado con el trabajo práctico de campo.