

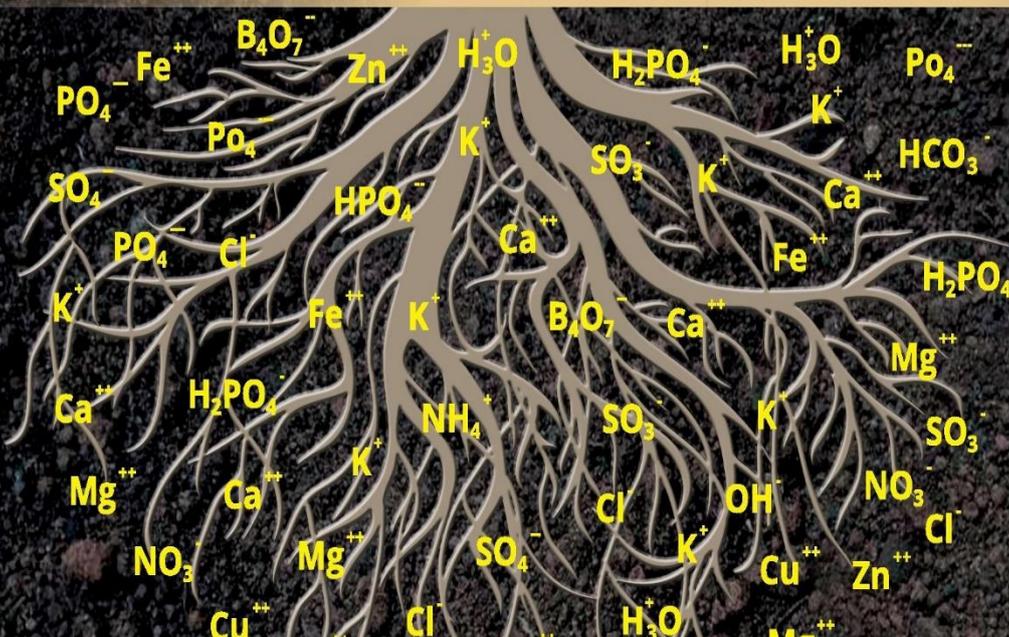
Manejo de Fertigación

Regla de Oro da Fertigación

Preguntas & Respuestas sobre Fertigación

Luiz Dimenstein

Método para cuantificar la fertigación por concentración



Enero 2019

2ª Edición

Índice

Sumario	pag. 4
Premisas e conceptos	pag. 8
Premisa N°1 – Salinidad	pag. 9
Premisa N°2 – pH	pag. 18
Premisa N°3 – ppm	pag. 23
Premisa N°4 – Extractores de Solución del Suelo o Chupa-Tubos y los kits rápidos	pag. 24
Nitrito & Nitrito	pag. 26
Amonio	pag. 27
Fosfato	pag. 28
Potasio	pag. 29
Calcio	pag. 31
Cloruro	pag. 32
Sulfato	pag. 33
Magnesio	pag. 35
Cobre	pag. 36
Hierro	pag. 37
Interpretaciones	pag. 38
Premisa N°5 – Cantidad X Concentración	pag. 40
Premisa N°6 – Regla de Oro da Fertigación	pag. 42
Parámetros para los cultivos principales	pag. 44
Preguntas & Respuestas sobre Fertigación	pag. 51
1. ¿Por qué utilizar 3 profundidades de extractores del suelo solución (ESS), los Chupa-Tubos de 15, 30 y 45 cm?	pag. 51
2. ¿Cómo elegir el fertilizante a utilizar vía fertigación y cómo elegir la fuente de N entre urea, amonio o nitrato?	pag. 53
3. ¿Fertirriego es un complemento del abono de base en el preparo del suelo o debe ser el 100% del fertilizante aplicado, eliminando la tradicional fertilización de suelo y complementos?	pag. 54
4. Dosis de fósforo soluble vía fertigación son pequeñas y frecuentes. ¿Por qué?	pag. 55
5. ¿Cómo debemos actuar con fertigación en temporada de lluvias que generalmente proporciona una cantidad generosa de agua y se concentra en 3-4 meses del año?	pag. 58
6. ¿Con qué frecuencia debe hacer fertigaciones?	pag. 60
7. ¿Cómo hacer las correcciones por fertirriego si el pH original del agua de riego (río, lago, estanque, pozo) es fuera del rango ideal, o demasiado ácido o demasiado alcalino?	pag. 61
8. ¿Análisis de suelos tradicionales pueden ayudar?	pag. 62
9. ¿Y análisis foliares, tejido o savia?	pag. 63
10. ¿Qué hacer si usted identifica que apareció nitrito (NO ₂ ⁻) que es tóxico para las plantas?	pag. 65
11. ¿Por qué no puedo mezclar en tanque de disolución calcio con fosfatos o con sulfatos?	pag. 66
12. ¿Es mejor utilizar fertilizantes individuales o mezclas listas de NPK + Macros secundarios + Micros?	pag. 66
13. ¿Restricciones en las fertigaciones comparando pivotes centrales contra goteros?	pag. 68
14. ¿Cloruros son perjudiciales vía fertigación? ¿Qué nivel hay de tolerancia para Cl?	pag. 70
15. ¿Qué es el índice salino que se declaran en las bolsas de fertilizantes?	pag. 72
16. ¿Cuál importancia es el grado de precisión de los kits rápidos de cinta colorimétrica, de titulación o de turbidez? ¿Necesitamos testes con más exactitud en sus escalas?	pag. 73
17. Entre los micronutrientes solamente hay kits rápidos para Hierro e Cobre. ¿Por qué no hay kits también para los otros micronutrientes?	pag. 76
18. ¿El uso de softwares y aplicaciones que automatizan riego y agregar sensores de pH y CE para definir tipos y dosis de fertilizante a aplicar por fertigación son eficientes? ¿Funcionan bien? ¿Podemos mantenemos tranquilos y confiados que estos automatismos harán la correcta gestión de la fertigación?	pag. 76



19.	¿Los proyectos de riego en el mundo evolucionaron mucho desde los años 80, mientras que cursos de Agronomía y técnicos agrícolas se estancaron en la formación profesional para manejar cultivos irrigados con un currículo obsoleto, aún frente a la agricultura de secano típico? ¿Cómo modernizar para satisfacer la creciente demanda de este tipo de profesional con el cuello de botella educativo?	pag. 81
20.	¿Cuántas estaciones de Chupa-Tubos distribuir en una finca? ¿Qué tamaño de área una estación de Chupa-Tubos cubre?	pag. 82
21.	¿Cómo tratar a los extractores de solución del suelo (ESS) en suelos con texturas extremas, o muy arcillosa o muy arenosa?	pag. 83
22.	¿Cómo manejar vía fertigación el BRIX o la formación de azúcares en las frutas en general o en la caña de azúcar o tomate para industria o tomates cereza basada en la CE y los nutrientes que participan en el metabolismo de formación de los azúcares?	pag. 84
23.	¿Durante la noche para tomar ventaja de precios de energía más barata para irrigación, tiene alguna ventaja agronómica? ¿Cómo es la absorción de nutrientes por las raíces por la noche?	pag. 86
24.	Riego subsuperficial. ¿Cómo hacer manejo de la fertigación?	pag. 90
25.	¿Por qué la urea no tiene conductividad eléctrica?	pag. 91
26.	. ¿Debemos tener en cuenta el aporte de iones que no son nutrientes en la CE, tales como bicarbonatos, sodio, aluminio, etc.?	pag. 92
27.	¿Las relaciones entre los 3 principales cationes K, Ca y Mg en solución del suelo dependen de la fase fenológica del cultivo?	pag. 92
28.	¿Cuál sería el nivel adecuado en ppm de calcio, potasio y magnesio para el cultivo de papa en etapa de relleno de los tubérculos? ¿Estos nutrientes estarían relacionados con la CE de la solución del suelo?	pag. 93
29.	¿Fertigación con déficit hídrico en proyectos de riego planeados para solamente proporcionar irrigación de salvación, que es insuficiente para la demanda hídrica del cultivo. ¿Qué sucede con el manejo con irrigación con menos agua de que sería lo ideal?	pag. 95
30.	La llamada nueva teoría del "Doble Relatividad" para fertigación. ¿Qué sería esa teoría?	pag. 96
31.	¿Pódese combatir nematodos vía fertigación??	pag. 105
32.	¿Inyección de fertilizantes en el sistema debe hacerse antes o después del filtro?	pag. 107
33.	¿Cuáles son las principales novedades en el mercado de fertilizantes hidrosolubles?	pag. 107
	a. PeKacid para fertigación ácida y para limpieza del sistema de riego	pag. 107
	b. PeKacid para uso foliar con acción fitosanitaria – Proyecto ParaNutri y Patente	pag. 108
	c. Acid-NPK contiene PeKacid em las mezclas para fertigación e para uso em conjunto con herbicidas.	pag. 114
	d. Nitrato de Magnesio Puro e Nitrato de Magnesio enriquecido con Micronutrientes incluso em el grano de fertilizante o con o aditivo basado en un polipéptido especial llamado pelas iniciales RNA* del inglés "Release Nutrient Additive", o Aditivo de Liberación de Nutrientes que es un precursor de uno nuevo quelante biodegradable IDHA.	pag. 114
	e. Nitrato de Calcio enriquecido con Micronutrientes incluso em el grano o con aditivo basado en polipéptido llamado pelas iniciales RNA* del inglés "Release Nutrient Additive" o Aditivo de Liberación de Nutrientes que es un precursor del nuevo quelante biodegradable IDHA.	pag. 115
	f. NPK + opcionales Micronutrientes + RNA*	pag. 118
	g. NPK con Polifosfato + PeKacid + opcionales Micronutrientes + RNA*	pag. 124
34.	¿Puede utilizar extractores de solución del suelo (ESS) los Chupa-Tubos en cultivos de secano?	pag. 125
35.	¿Cuáles son las características que hacen que el sistema de riego por goteo más eficiente entre todas las demás?	pag. 125
	Resumen del <i>curriculum vitae</i> del autor	pag. 128
	Bibliografía	pag. 130



Manejo de Fertigación

Regla de Oro de Fertigación

Preguntas y Respuestas sobre Fertigación

Método para cuantificar la fertigación por concentración

Segunda edición Enero 2019

Luiz Dimenstein - M. SC. Agr

luiz.dimenstein@gmail.com

+55-11-97622-6190

Sumario

Para ocupar el vacío en la literatura agronómica de cómo manejar o manipular las fertigaciones con énfasis en la palabra "manejo", a través de una secuencia de premisas que se presentan para facilitar la comprensión de cómo actuar con cultivos irrigados para las decisiones de dosis y fuentes de fertilizantes hidrosolubles o líquidos para ajustes fáciles y optimizar la nutrición, respetando la fisiología de las plantas para evitar las limitaciones de productividad de origen nutricional y obtener el máximo de fotosíntesis. Gestión es toma de decisiones, tal vez el "**anti-receta de torta**" en el que para cada riego y fertigación disponemos de herramientas sencillas y rápidas que nos proporcione información actualizada sobre el estado nutricional de las plantas, la disponibilidad de nutrientes, niveles de pH y salinidad (CE) en las profundidades relevantes donde están las concentraciones de raíces en el volumen húmido del suelo.



Las manipulaciones de la salinidad por la conductividad eléctrica (CE) y pH a través de fertigaciones se presentan en el texto con discusiones, muchos ejemplos e ilustraciones.

Para cultivos sin irrigación, de secano, las dosis típicas son cuantitativas como kg/ha o g/planta. Entretanto para cultivos irrigados, es fundamental cambiar el concepto y adoptar dosis vía concentración de nutrientes en el agua de riego en g/m³ que luego se convierte en una forma muy fácil después de romper la barrera inicial de resistencia por parte de los agricultores tradicionalistas, la practicidad y facilidad en el trabajo con las dosis medidas en ppm (parte por millones) en lugar de %, utilizando la nueva **"Regla de Oro de Fertigación"** en que 100 g/m³ de cualquier fórmula de fertilizante hidrosoluble, su contenido pasa de **% para ppm**. Kits rápidos de cinta colorimétrica, o de titulación, o de turbidez, son extremadamente simples y entre 1-2 minutos presentan los resultados sólo de nutrientes disponibles en ppm que están libres para absorción por las raíces, y las muestras de solución nutritiva del suelo se recogen fácilmente con tubos de aspiración por vacío, llamados **Extractores de Solución del Suelo** (ESS) también conocidos como los **"chupa-tubos"**. Es prácticamente una pantomima sacando en los chupa-tubos las muestras iguales que las raíces están absorbiendo. Se obtiene la muestra fiel a que las raíces va a recoger. La frecuencia de la colección es flexible y cada uno decide cuándo quiere medir los niveles de nutrientes en la solución del suelo. Si las muestras presentan problemas como carencias o excesos, lixiviación o lavado de los nutrientes para suelo profundo, pH fuera del rango aceptable y la CE demasiado alta o demasiado baja, entonces sería prudente recolectar muestras más frecuentes para posibles ajustes y más adelante después de llegar a niveles adecuados, entrar en la fase de mantenimiento con intervalos más grandes de las muestras de solución de suelo. Ejemplos



de interpretaciones de los resultados y como efectuar las correcciones se presentan.

Parámetros para más de 100 diferentes cultivos se sugieren para los rangos aceptables para conductividad eléctrica (CE), pH, cloruros, nitratos, fosfatos, potasio, calcio, magnesio y sulfatos. Son los rangos en los que los valores más pequeños se aplican a las plantas jóvenes o fase vegetativa y va aumentando a lo largo del ciclo de cultivo hasta la maduración para los valores más grandes. Probablemente, la investigación futura hará los ajustes en estos valores que son válidos para el momento presente, considerando los valores dentro de rangos fisiológicos para el desarrollo normal de las plantas sin caer en "**graves errores**", que por definición serían errores involuntarios de prácticas por simple ignorancia de no saber el estado nutricional de ese momento. Ejemplo: aplicar MAP purificado (Fosfato Mono Amónico 12-61-00) que tiene tendencia ácida o el fertilizante Sulfato de Amonio que también es ácido sin saber el pH actual de la solución del suelo, sin embargo si este pH se identifica en la solución del suelo ya bastante ácido, asumir acerca pH ~5 o menor, sería una "craso error" o "grave error" hacer aplicaciones vía fertigaciones con cualquiera fertilizantes de tendencia ácida, mientras que una gestión adecuada evitaría estos ácidos para elegir fertilizantes con otra tendencia más alcalina como nitratos de potasio y de calcio, entre otros.

Otro ejemplo de un "**craso error**" sería innecesariamente aplicar algún nutriente cuyas pruebas indican valores altos, y por lo tanto no habría ninguna necesidad de nuevas aplicaciones en el momento y podrían seguir acompañando y monitoreando estos niveles de varios nutrientes en la solución del suelo para ajustes caso por caso, evitando carencias o excesos. De modo muy práctico, los Extractores de Solución del Suelo (ESS) o "chupa-tubos" se colocan en 3 profundidades (15, 30 y 45 cm) y si los nutrientes y la CE están bien



distribuidos entre las 3 profundidades indica que el volumen de riego está adecuado, sin embargo si la CE y los nutrientes son más altos en el chupa-tubo más profundo indica muy claramente lixiviación o lavado de los sales (fertilizantes) y sería más un grave error mantener el mismo tiempo de riego, cuando esta simple información pide para reducir el volumen de irrigación. La gestión o manejo de irrigación tiene esta herramienta de recolección y medición fácil con kits rápidos.

En el siguiente, presentan una serie de **Preguntas y Respuestas** siempre tan común en agricultura irrigada con temas polémicos y con un enfoque en manejo y gestión en formato muy didáctico que pueden ser útiles.

Vamos a las premisas...



Premisas y conceptos

Son verdades que sirvan de base para sostener una idea en una secuencia lógica, con argumentos sólidos y fáciles de entender para el propósito práctico de hacer el manejo de la fertigación algo accesible y fácil dentro del embrollo que se desarrolla a lo largo de las premisas y para llegar a todos los niveles de entendimientos desde los agricultores hasta los más altos académicos incluso a quienes no tenían acceso a los estudios en un trabajo de extensión rural típica en el arte de hacer el tema manejo de fertigación menos complejo para no más tratarla como "receta de torta". Es el formato de hacer la vulgarización de un tema antes considerado solo para expertos. El cierre de las premisas viene con la "**Regla de Oro de Fertigación**" que trae a nivel popular la gestión diaria de las fertigaciones para hacer la práctica de la agronomía en cultivos irrigados, una ciencia de decisiones coherentes, y eficaces a través de fertigación. Aquí se presentan los datos y ejemplos de uso de esta regla de oro de fertigación.



Premisa N.º 1 - Salinidad:

La grande mayoría de los fertilizantes hidrosolubles son sales. Las sales son neutras cuando están en la fase sólida, sin embargo, después de disolver los componentes de sales disocian en iones de cargas eléctricas positivas y negativas, los cationes y aniones. Así que las sales disueltas en agua tienen la característica de conducir electricidad y pueden ser medidas por un dispositivo sencillo llamado conductivímetro que mide la conductividad eléctrica que es abreviada como CE. Nuestra suerte es que la CE es proporcional a la concentración de sales en un volumen dado de agua y esto facilita la interpretación de salinidad para el uso mediante fertigración que explicaremos en la secuencia de los argumentos.

Un fertilizante o sal o un cóctel de fertilizantes mezclados, después de disolver en una proporción de 1 g/L tienen una salinidad x , entonces puede decir que este mismo fertilizante o cóctel de fertilizantes con el doble la concentración en g/L tiene una salinidad de $2x$, si es 3 g/L tienen salinidad de $3x$, y así sucesivamente hasta la saturación que está ya fuera de la escala agrícola que es arriba de 7 g/L cuando deje de ser proporcional. El manejo normal de fertigración debe aplicar dosis suaves y frecuentes y evitar dosis de más de 7 g/L. En la práctica con aplicaciones diarias las dosis son generalmente inferiores a 2 g/L que es equivalente a 2 kg/m^3 . Significa aplicar 2 kg de fertilizante soluble en cada riego de 1 m^3 (1000 L), obtenemos la CE de $2x$ el mismo fertilizante con dosis de 1 kg/m^3 .

Unidades de la CE cambiaron para un homenaje a un científico con el nombre de Siemens y la unidad oficial es dS/m (deciSiemens por metro). En cuanto a los años 90 del siglo 20 si utilizaba mmho/cm, es común expresar la unidad de centímetro en vez de metro, mS/cm



(milliSiemens por centímetro). Hay conductivímetros que se expresan en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (microSiemens por centímetro) que es 1000x más diluido que mS/cm . se puede considerar:

$$1\text{dS}/\text{m} = 1\text{mS}/\text{cm} = 1\text{mmho}/\text{cm} = 1000\mu\text{s}/\text{cm}$$

Una curiosidad fue la unidad anterior mho para conductividad o en mmho (millimho) porque su escrita es el inverso de la unidad de resistencia eléctrica llamada ohm, por lo que escribió la unidad al revés hacia atrás y cómo utilizan la unidad mho por centímetro dividido por 1000 tenemos millimho/cm (mmho/cm).

Para tener una idea sobre los niveles de salinidad en agua de mar, en la savia de las plantas (promedio) y el rango de salinidad considerado fisiológico para la mayoría de las plantas cultivadas, observe la siguiente tabla:

Salinidad	CE (mS/cm)
Agua pura	0
Agua de Mar	53
SAP – promedio	7
La solución del suelo ideal	1 - 3



Cuando la solución nutritiva del suelo tiene la CE baja o muy diluida, las raíces absorben esta solución con facilidad, siempre que hay transpiración de las plantas y muy pocos nutrientes son absorbidos en este proceso donde la solución nutritiva del suelo sufre para reponer la pérdida de agua.

Caso contrario con la CE alta indicando la concentración de sales (fertilizantes), impide la fácil absorción de la solución del suelo donde la salinidad retiene el agua en el suelo con fuerza y crea dificultad para absorción por las raíces. Esta fuerza contraria las raíces pueden medirse teniendo en cuenta la proporción de la CE = 1 mS/cm genera una tensión (presión negativa) de cerca de -0,3 ATM; para CE = 2 mS/cm la tensión contra las raíces sería el doble, llegando a -0.6 ATM y sigue proporcional a la medida hasta CE = 7 mS/cm es equivalente a la media de la savia de las plantas. Así que, si en la salinidad de la solución de suelo es mayor que en las plantas, estas sufren deshidratación por perder agua al suelo. Por supuesto el manejo de fertirrigación tiende a mantener y controlar la salinidad de la solución del suelo a lo largo de las raíces entre 1 y 3 mS/cm, considerado el rango fisiológico donde las principales plantas cultivadas pueden extraer suficiente agua y los nutrientes que están presentes que se disuelven para formar la solución nutritiva del suelo en una concentración que es tolerada por las plantas y al mismo tiempo proveer concentraciones de nutrientes adecuadas para las plantas.

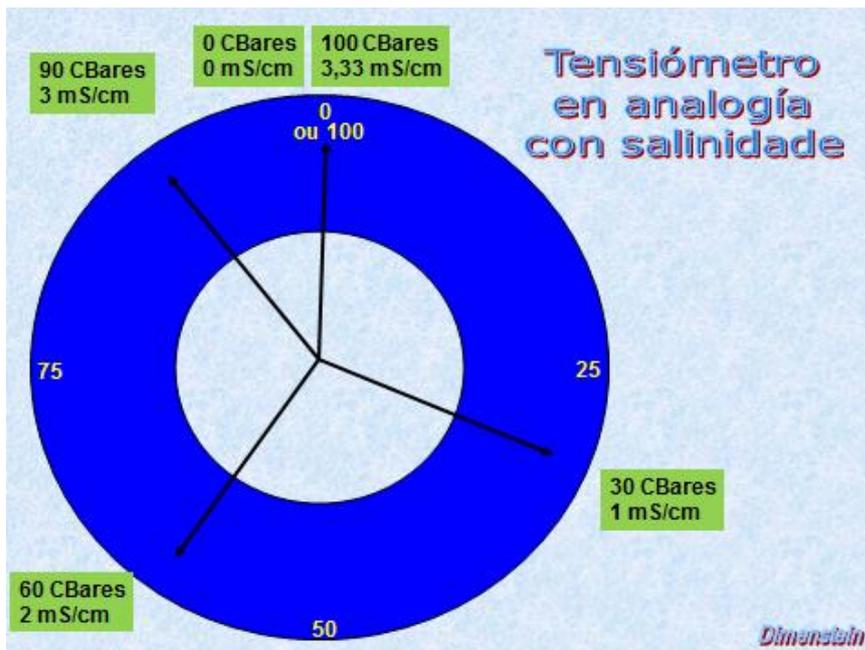
Manipular los niveles de salinidad a lo largo de las raíces en suelo húmedo a través de la gestión de fertirrigación es el gran desafío de la agronomía para optimizar las dosis de diferentes sales (fertilizantes) a lo largo de las distintas etapas fenológicas (etapas de desarrollo de los cultivos: vegetativo, floración, llenar granos o frutos, maduración).



CE (mS/cm)	Tensión o Presión Negativa ATM
1	-0,3
2	-0,6
3	-0,9
4	-1,2
5	-1.5
6	-1.8
7	-2.1

Como analogía entre salinidad medida por la CE y la tensión de -0.3 ATM para cada unidad de CE, generar un contrapeso a las raíces para la absorción de la solución nutritiva del suelo. Si un tradicional tensiómetro podría medir esta fuerza negativa sería como el diagrama de abajo, pero obviamente, tensiómetros sólo mide la disponibilidad de agua independientemente de la salinidad. Así que esta analogía es para mostrar que puede tener estrés hídrico en suelo húmedo ya que los niveles de salinidad son altos porque las sales actúan generando tensión (presión negativa) lo que dificulta la absorción de las raíces de la solución nutritiva. Muchas de las sales que se acumulan en el suelo se originan de los fertilizantes aplicados en exceso:





La CE de 3,33 mS/cm sería equivalente a una vuelta completa del reloj de medición de los tensiómetros, indicando que esa medida de salinidad de CE = 3,33 mS/cm causaría una retención de agua en el suelo contrario a la absorción por las raíces similar a una vuelta en el tensiómetro con tensión de -1 ATM y el diagrama utiliza escala en unidad de CentiBars (CBars). 100 CBars = 1 ATM.

Esto confirma que el estrés hídrico puede ocurrir en plantas con el suelo húmedo, puesto que la CE alta hace dificultad a las raíces para absorber la solución del suelo. Este escenario puede ocurrir por la salinidad natural del suelo, o del agua de riego, o por aplicaciones excesivas de fertilizantes. En este último caso, tenemos control de manejo mediante la medición de la CE de la solución del suelo con cierta frecuencia para ajustar las dosis de fertirrigaciones.

Conductímetros no diferencia la composición de sales y mide salinidad total. El gran desafío del manejo de fertirrigación es manipular la composición y proporciones de sales fertilizantes. Mantener la salinidad total medida por la CE dentro de la tolerancia fisiológica de



cada cultura y cambiar la dosis de fertigaciones para obtener la mejor respuesta agronómica en cada etapa de desarrollo de los cultivos.

Para entender mejor la relación de los principales nutrientes presentes en los fertilizantes hidrosolubles, simplemente tenemos que identificar lo que llamamos en química de "equivalentes", que es el peso molecular dividido por la valencia o carga iónica. Para potasio K^+ que es un catión monovalente y su peso molecular 39 se divide por 1 es igual a el mismo peso de 39, por lo que 1 equivalente de K^+ vale 39. Para el cloruro Cl^- que es un anión también monovalente cuyo peso molecular es 35 y también dividirlo por 1 y el equivalente es 35.

Sin embargo, para el catión bivalente como calcio Ca^{++} con peso molecular 40 dividido por la valencia 2 para formar 1 equivalente de 20. Para magnesio Mg^{++} con peso molecular 24 dividido por la valencia 2 para formar 1 equivalente de 12.

El siguiente paso en esta comprensión es relacionar "equivalente" con la conductividad eléctrica, indicando que 1 equivalente de cualquier ion saliniza 0,1 mS/cm en el conductímetro. Así, por ejemplo, 5 equivalentes de K^+ saliniza 0,5 mS/cm en el conductímetro. Del mismo modo, 3 equivalentes de Mg^{++} aporta salinidad total 0,3 mS/cm medidos en el conductímetro.

El medidor de conductividad mide la salinidad total. CE = 1 mS/cm representan 10 equivalentes de cationes y otros 10 equivalentes de aniones, así que son en total 20 equivalentes de iones, siempre será mitad y mitad de cationes y aniones. Para una CE = 2,5 mS/cm, son 25 equivalentes de cationes y otros 25 equivalentes de aniones, para un total de 50 equivalentes de iones, estando siempre mitad y mitad cationes y aniones.

Cualquier sal disuelta en agua libera cationes y aniones en equilibrio en número de equivalentes. El medidor de conductividad mide las



cargas de sólo un formato, o cationes, o aniones y por lo que la CE identificada $\times 10 =$ número de equivalentes de una de las cargas. El número total de equivalentes de cationes y aniones será doble de $CE \times 10$. Ejemplo de $CE = 1,5 \text{ mS/cm}$, equivalen a 15 equivalentes de cationes y otros 15 equivalentes de aniones por un total de 30 equivalentes de todos los iones.

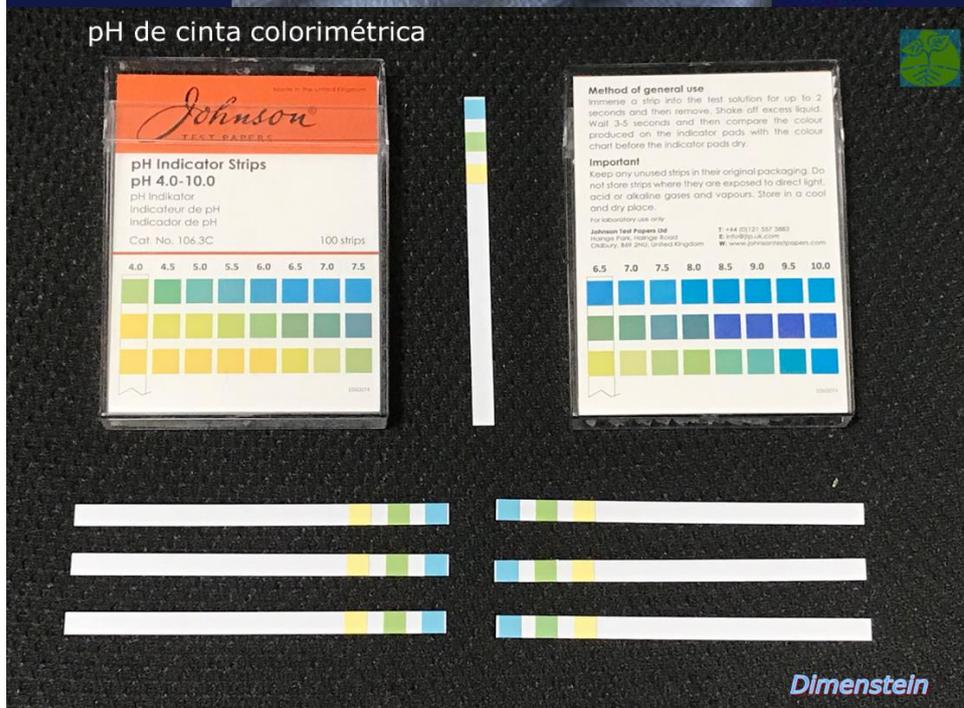
Abajo está una tabla con un resumen:

CE mS/cm	Equivalentes cationes	Equivalentes aniones
1	10	10
2	20	20
3	30	30
4	40	40
5	50	50
6	60	60
7	70	70
8	Saturación	Saturación
9	Saturación	Saturación

Cuando el agricultor domina la composición de la salinidad en la solución del suelo, el conductivímetro tiene una función adicional de simplemente medir la salinidad que las plantas toleran, pero se convierte en la herramienta de la manipulación de las proporciones de los nutrientes para las mejores respuestas fisiológicas que influyen en



el rendimiento de las plantas en cada fase de su ciclo fenológico. El conductímetro es el "alma" del método.



Dispositivos digitales tradicionales para medir la CE y pH con calibración automática. Importante el kit de cinta colorimétrica de pH para usar de vez en cuando para confirmar que el aparato digital está calibrado.

Calibración de la conductividad eléctrica con solución estándar de 1,4 mS/cm y se puede hacer cada 6 meses.

Calibración del pH utilizando 2 soluciones de pH 7 y 4, o pH 7 y 10 y se puede realizar siempre que la diferencia de valores entre el aparato digital y el pH de cinta colorimétrica es más de 0,5.

Instrucciones sobre cómo usar la cinta de pH, inserte la cinta en la solución durante cerca de 2 minutos antes de comparar con la escala en el envase.

pHmetro digital – introducir el sensor en la solución hasta obtener equilibrio en el visor cerca de 1 minuto.

Conductividad digital - introducir el sensor en la solución hasta obtener equilibrio en el visor en aproximadamente 10 a 20 segundos.



Premisa N.º 2 - pH:

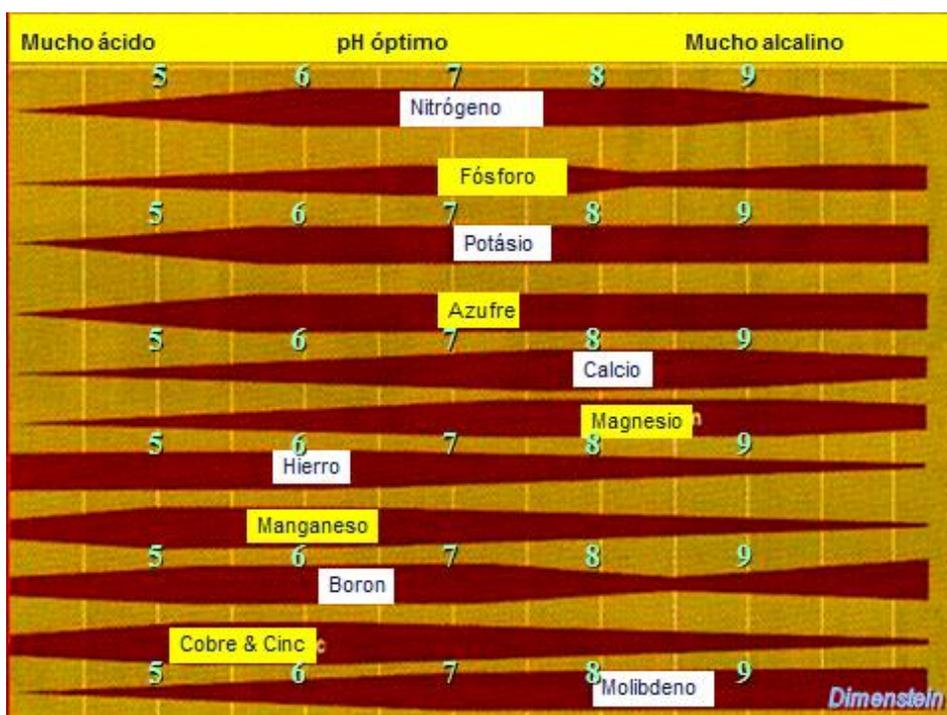
Ilustraciones del kit de pH de cinta colorimétrica y pHmetro digital arriba.

La elección de los fertilizantes hidrosolubles tendrá gran influencia en el pH y en su manejo en el bulbo húmedo se suelo a lo largo de las raíces, la solubilidad de los nutrientes, la compatibilidad entre los nutrientes y otros iones que no son nutrientes en el suelo y la flora microbiana del suelo.

Observe en el siguiente gráfico, la solubilidad y la disponibilidad de macros y micronutrientes en función del pH en la solución del suelo. Está claro que el rango de equilibrio se encuentra entre 5,7 y 7,5 con el punto medio de 6,5 como el valor mediano deseable para mantener todos los nutrientes disponibles en la fase soluble. La elección de los fertilizantes hidrosolubles de tendencias más ácidos o más alcalinos seguramente influirán en el pH en el bulbo mojado a lo largo de las muchas fertigaciones y el uso de pHmetro es la clave de esa decisión en la elección del fertilizante para mantener el pH de la solución del suelo dentro del rango para una mejor absorción por las raíces.

El poder tampón (*buffer*) de los suelos ricos en arcillas ofrecen fuerte resistencia a los cambios de pH incluso con abundantes aplicaciones de fertilizante de tendencias ácidas, si el objetivo es reducir el pH, o alcalinas en caso contrario. Ya en suelos arenosos esta tarea es mucho más fácil, así como en hidroponías.





La elección de la fuente de nitrógeno debe basarse siempre en el medidor de pH. Urea (**OC(NH₂)₂**), amonio (**NH₄⁺**) o nitrato (**NO₃⁻**). Raíces de las plantas sólo reconocen y absorben cargas eléctricas, es decir cationes o aniones. Urea libera (**NH₂**) que es amina y con dos aminas forma una amida (**(NH₂)₂**) sin carga eléctrica porque deriva de una molécula orgánica que contiene un Carbono y no es una sal. En el suelo la enzima ureasa rompe el enlace entre el Carbono (C) y el Nitrógeno (N) con liberación en la solución del suelo de **2 NH₂** (aminas) que son muy inestables y buscan en el suelo a combinarse con H-libre. Así que al capturar el primer H forma NH₃ que tiene el nombre de Amonia o Amoníaco que es un gas volátil, así que, si está en la superficie del suelo y con altas temperaturas de un día soleado, seguramente evaporará. Si sin embargo Amonia se infiltra en el suelo, va a ganar pronto más otro **H** y tenemos finalmente a formación de



NH₄⁺ y se llamará Amonio y es un ion catiónico que las raíces y finalmente poden absorber.

Observe que la primera reacción de la urea que comenzó con **NH₂** y cambió para **NH₄⁺** que toma de la solución del suelo **2 H** libres y así el pH de la solución del suelo se vuelve más alcalino en el primer momento porque sacan H de la solución del suelo.

Sin embargo, el Amonio (**NH₄⁺**) normalmente encuentra en el suelo con una población microbiana del suelo que tiene gran afinidad con esta forma de nitrógeno y se llama bacterias nitrificantes de grupos Nitrosospiras y Nitrosomonas rompiendo enlaces químicos entre la N y H con la liberación de **4 H** para la solución del suelo provocando en la secuencia su acidificación. Así la Urea inicialmente roba del suelo **2 H** y más tarde retorna **4 H** en un saldo final de la acidificación del medio en **2 H**. Desde allí el N libre tiende a reaccionar con el Oxígeno para formar primero **NO** y después de **NO₂⁻** (nitrito) y otro grupo de bacterias de suelo llamadas Nitrobacter finalmente hace una última etapa de nitrificación formando **NO₃⁻** (nitrato). Tanto **NO₂⁻** como **NO₃⁻** son aniones y las raíces pueden reconocerlos y pueden absorberlos. El nitrito **NO₂⁻** es un intermediario y en condiciones normales las bacterias nitrificantes completan rápidamente la nitrificación formando pronto **NO₃⁻** que dentro de la planta induce la producción interna de la enzima Nitrato Reductasa para convertir nitrato **NO₃⁻** para amina **NH₂** (amina) que sirven para producir los aminoácidos y por supuesto las proteínas. Por desgracia, las plantas tienen baja capacidad de sintetizar la enzima que descompone nitrito **NO₂⁻** que sería el Nitrito Reductasa y cuando las raíces absorben **NO₂⁻** esta toma muchos más aniones que se descompondrán comparado con nitratos **NO₃⁻** y la planta acumula los nitritos hasta que obtiene exceso internamente de estos aniones con bloqueo o fuerte inhibición de la absorción de otros aniones además del propio nitrato **NO₃⁻** que es una forma de nitrógeno útil. Hay fuerte



inhibición de absorción de fosfatos, sulfatos, cloruros, boratos y molibdatos. Las plantas también reducen la capacidad de producir los aminoácidos y proteínas. En casos extremos pueden ocurrir además de paralizar el crecimiento de las plantas, también aborto de flores, pequeños frutos, frutas más grandes o incluso racimos completos.

Las bacterias nitrificantes son aeróbicas y la principal causa de la acumulación de nitritos **NO₂⁻** es la falta de Oxígeno en el suelo por compresión, inundación por la excesiva lluvia o riego. Estas bacterias beneficiosas se multiplican entre pH 5 hasta 8 y por lo tanto fuera de este rango de pH las poblaciones bacterianas se reducen fuertemente en el suelo. En climas fríos, hay un factor más que inhibe estas bacterias que se multiplican justo por encima de 8°C.

Cuando las raíces absorben **NO₃⁻** que tiene una carga negativa, es normal expeler hidroxilo OH⁻ para mantener las plantas eléctricamente neutras y semejantemente para absorber amonio NH₄⁺ que tiene carga positiva, tiene que expeler pelas raíces los protones **H⁺** y así la fertilizante fuente de nitrógeno influye en el pH de la solución de suelo.

Fuentes de potasio, con diferentes niveles de pH. **KNO₃** - nitrato potásico puro tiene el pH entre 8 a 8,5. Ya la potasa de KCl es casi neutra con pH 6.5. Llamado SOP (**K₂SO₄**) sulfato de potasio tiene pH variable según el fabricante porque algunos utilizan mayor cantidad de ácido sulfúrico cuando reaccionan con KCl para producir el SOP más ácido, mientras que otros fabricantes utilizan menos ácido y producen SOP alcalino, pero ningún con pH tampón y de fácil variación en mezclas. Existen en el mercado variaciones para SOP con un pH entre 3 hasta 9. Otra fuente de potasio es **MKP** que también es rico en fósforo (00-52-34) y el pH es de 4,5 con tampón fuerte. La fuente de potasio más ácido es el **PeKacid** que también es muy rico en fósforo (00-60-20) con pH tampón 2,2 originado del ácido fosfórico en polvo mezclado con MKP para quedarse estable y es totalmente hidrosoluble.



Además de numerosas fórmulas obtenidas con mezclas de diferentes materias primas y que pueden tener pH muy variado. ¿Cuál sería la mejor fuente de K? La respuesta se encuentra con el medidor de pH.

Existen varios productos hidrosolubles o líquidos que ya pueden tener fuerte influencia en el pH y pueden ser aplicados vía fertirrigación. La decisión agronómica depende de tener la información para tomar decisiones en la elección de fertilizantes con las características deseadas de pH, CE y contenido de nutrientes para el ajuste de las dosis a aplicar.



Premisa N.º 3 - ppm:

Parte por millón. Son 6 ceros de diferencia que puede ser mg/kg o g/ton, o ml/m³. 1 kilogramo tiene 1 millón de mg; 1 tonelada tiene 1 millón de g; 1 m³ tiene 1 millón de ml.

% tiene 2 ceros 1:100

ppm tiene 6 ceros 1:1,000,000

Sacando 2 ceros del millón quedase 10,000, así que la concentración de 1% = 10,000 ppm.

El 0,1% es por supuesto 1,000 ppm.

Es preferible decir por ejemplo que tenemos 500 ppm de K en vez de 0,05% K, pero son exactamente lo mismo expresado en ppm y en %.

Las garantías de nutrientes comerciales en el mercado de los fertilizantes hidrosolubles son todos presentados en % en las bolsas.

Los kits de análisis rápidos de nutrientes para la identificación de las concentraciones en solución del suelo están todos en ppm.

Este método descrito aquí pretende llevar la comprensión del manejo de la fertigación en ppm, que es una forma de dosificación de las concentraciones, pero en las bolsas de los fertilizantes las concentraciones están en % y vamos a hacer la conversión para utilizar todo en ppm que trae una comprensión sencilla y directa para el agricultor que utilizará la tradicional regla de 3 simple en matemática solamente cuando se utiliza la "Regla de Oro de Fertigación" que se describe en detalle más adelante en este texto.



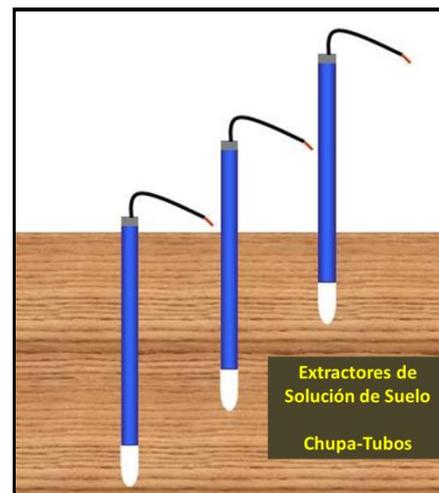
Premisa N.º 4 - Kits rápidos y Extractores de Solución del Suelo (ESS) conocidos también como los "Chupa-Tubos":

Para cultivos con riego la recolección frecuente de solución del suelo, reemplaza el tradicional análisis de suelo por la dinámica y facilidad en la identificación de los nutrientes disponibles.

Nada más práctico que comparar dos colecciones de la solución del suelo en secuencia con un intervalo de tiempo, por ejemplo, semanal, donde identificase el DELTA (Δ) entre las dos colecciones y decidir las dosis vía fertigación. Ejemplo: Si el nitrato de la semana pasada fue identificado en 200 ppm y en la semana en curso fue a 150 ppm, tiene un $\Delta = -50$ ppm que indica que hemos perdido este nitrógeno y tiene la opción de reponer vía fertigación esta dosis, si el objetivo es mantener el original de la semana anterior de 200 ppm. Es un juego de identificación de la situación actual, comparando con la muestra anterior y manipular las dosis de fertigaciones a los niveles deseados que deben considerar la suma de todos los nutrientes para salinidad total medido por la CE en el rango fisiológico para cada cultivo en cada etapa del ciclo de cultivo

Identificar el Δ de varios parámetros nutricionales tienen un peso interpretativo mayor que los valores absolutos.





La colección de la solución nutritiva del suelo puede hacerse con facilidad mediante el uso de tubos llamados extractores de solución de suelo (ESS) o los "chupa-tubos" que deben ser enterrados en 3 profundidades, generalmente 15, 30 y 45 cm y con la ayuda de una jeringa se realiza extrayendo el aire de los tubos para hacer el vacío solamente cuando el suelo está húmedo, es decir, en el final del tiempo de un riego cuando el suelo está a cerca de la capacidad de campo es el momento ideal para activar la aspiradora como un gatillo para accionar el vacío para empezar la succión a través de la punta porosa de cerámica del chupa-tubo y repetir la extracción de aire por al menos 3 - 4 veces uno puede darse cuenta del émbolo de la jeringa viene con dificultad indicando que el tubo de succión logró hacer el vacío. Si el émbolo de la jeringa viene fácilmente es una indicación que no existe ningún vacío. En suelo seco no se puede hacer el vacío. Después de unas 2 horas de espera bajo la acción de vacío la solución nutritiva del suelo ya llena los chupa-tubos. Se puede liberar el vacío y con la propia jeringa para recoger las muestras y empieza por medir la CE para conocer el nivel de salinidad en cada horizonte donde distribuye el bulbo mojado del suelo donde está concentrado el sistema radicular. Estos chupa-tubos hacen un mimo de las raíces que están utilizando y



están aprovechando de los nutrientes disponibles en la solución del suelo en cada profundidad de la muestra recogida.

Los principales kits de nutrientes de cintas colorimétricas, de titulación y de turbidez y las instrucciones de uso:



Nitrato Y Nitrito – Cinta colorimétrica con 2 reactivos en la misma cinta, representan las concentraciones de nitrato (NO_3^-) el reactivo final cuya escala va hasta 500 ppm; y el segundo reactivo para nitritos (NO_2^-) hasta 80 ppm. Hay fabricantes diferentes.

Nitrato (NO_3^-) es útil y nutriente beneficioso a las plantas mientras que la presencia de Nitrito (NO_2^-) es tóxico para las plantas, como ya se explicó en el texto anterior.

Amonio



Hay un kit de cinta colorimétrica para medir amonio NH₄⁺ que no es adecuado para el clima tropical y durante la estación caliente en otras regiones debido a la velocidad de nitrificación del amonio es solo 1-2 días cuando la temperatura del suelo es > 30°C. En este caso el kit de amonio anotaría cero porque el contenido total de nitrógeno pasaría rápidamente a nitrato. En climas más amenos con temperaturas del suelo entre 15° C a 25°C el amonio está disponible entre 1 a 3 semanas. Temperatura de < 8°C no hacen nitrificación porque este suelo de temperatura fría inhibe la multiplicación de las bacterias nitrificantes que dejan de reproducirse.





Fosfato – Kit de cinta colorimétrica. Hay diferentes fabricantes por la escala y forma de utilización con o sin reactivos.

Una curiosidad es que los kits sirven para identificar iones PO_4^{3-} fosfatos y no el P_2O_5 que aparece en los paquetes de fertilizantes comerciales. Eso es porque la industria de fertilizantes tienen adoptado P_2O_5 desde los años 1920 ya la agronomía de la época creía que las raíces absorben nutrientes siempre en forma de óxidos y cálculos estequiométricos llegaron a la conclusión que para el fósforo, el formato de óxido P_2O_5 y sólo muchos años después que han llegado a la conclusión de que el formato sería de fosfato y el ortofosfato que es H_2PO_4^- , y los kits de cintas de medición colorimétrica miden PO_4^{3-} y tenemos que realizar la conversión. Para pasar de P_2O_5 para PO_4^{3-} multiplicar por 0,75. Ejemplo: 30-20-10 fórmula NPK, el 20 de P_2O_5 vale 15 de PO_4^{3-} .

Niveles óptimos de PO_4^{3-} en la solución del suelo depende de la textura del suelo. Sugerir nivel de 25 ppm para suelo arcilloso y 50 ppm para suelos arenosos. Valores intermedios para los suelos medios. Para hidroponía puede considerar entre 60 a 100 ppm de PO_4^{3-} .



Potasio – Kit de cinta colorimétrica. La escala del kit potasio comienza en 200 ppm. Es normal que en las primeras etapas de crecimiento de los cultivos, etapa vegetativa en que es normal mantener K^+ por debajo de 200 ppm y en este caso puede tener la falsa impresión de que el valor sería cero, pero recuerde que es de 200 ppm es cerca de 5 equivalentes de K ($39 \times 5 = 195$ ppm) 39 es 1 equivalente de K, y esto implica que K^+ puede contribuir a $\sim 0,5$ mS/cm de CE, aunque la cinta no muestra al menos 200 ppm que es la limitación de la escala de este kit colorimétrico. Sin embargo, en las siguientes fases con mayores necesidades de K^+ el rango entre 200 y 700 ppm es excelente.

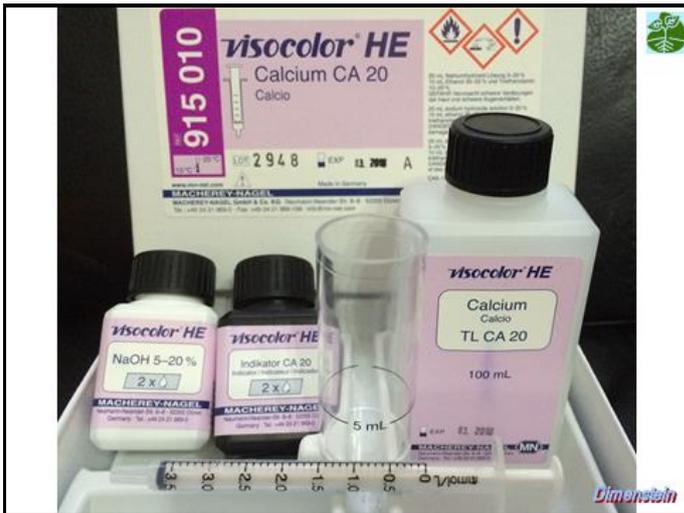
Similar a la mencionada más arriba para fosfatos, el kit de potasio mide el ion K^+ mientras que los fertilizantes comerciales son en K_2O que es el mismo criterio que se creía en los años 1920 que la absorción de nutrientes en forma de óxidos, pero para el potasio esta premisa es falsa. Las raíces absorben K^+ y la conversión de K_2O en K se obtiene cuando multiplicada por 0,83. Ejemplo: KCl con 60% K_2O $60 \times 0.83 = 49,8$ que en números redondos es ~ 50 K puro.



Las industrias de fertilizantes utilizan las formas de óxidos comercialmente para fosfatos y para potasio. Igual forma se utiliza para otros nutrientes como Calcio en la forma de óxidos (CaO) aunque la forma de absorción del calcio por las raíces es realmente Ca^{++} y el mismo para el caso de magnesio con MgO, aunque las raíces absorben Mg^{++} .

Un caso curioso es que la forma de óxido de azufre elegida en aquel momento de los años 1920 fue en la forma de SO_3^{--} (Sulfito) mientras que la forma de absorción dominante de este nutriente es de facto un óxido, pero en la forma de SO_4^{--} (Sulfato). Aunque algunas industrias fertilizantes siguen informando en las bolsas comerciales de fertilizantes que contienen azufre como SO_3^{--} (Sulfito). Entretanto, algunos países adoptan el contenido de azufre elemental o puro (S) a declarar en el producto comercial.





Calcio - Kit de titulación muy sencillo y fácil de manejar. Añadir gotas de los 3 Reactivos siguiendo a las instrucciones y haz el cambio de color en la solución, simplemente comprobando cuánto pasó el tercer reactivo para cambiar el color de la solución en el tubo de ensayo. Usa una jeringa que tiene 2 escalas en °d o en mmol/L. La mejor sugerencia es utilizar la escala en mmol/L, mientras que $1 \text{ mmol/L} = 40 \text{ mg/L}$ (ppm) de calcio. En otra escala (poco usado) en el °d sería la conversión a $5,6 \text{ °d} = 40 \text{ mg/L}$ (ppm). Así que vamos a por goteo suficiente de la solución N°3 con la jeringa hasta el cambio de color rojo al azul en una titulación sencilla. Cuando el color cambiar solo viendo en la jeringa que pasó y por cada $1 \text{ mmol/L} \times 40 =$ concentración de calcio ppm en la muestra. Si te pasas todo el volumen de la jeringa de valor total de $3.5 \text{ mmol/L} \times 40 = 140 \text{ ppm}$ y todavía el color no vuelva de rojo a azul, uno debe volver a llenar la jeringa para continuar la titulación hasta realizar el cambio de color en la muestra que indica una mayor concentración de calcio.

Como se mencionó anteriormente, Calcio aparece generalmente en bolsas de fertilizantes expresados en forma de óxido como CaO aunque la forma de absorción del calcio es realmente Ca^{++} y convertir simplemente multiplicar por 0,71.





Cloruro por Titulación



Cloruro – Kit de titulación muy similar a la descrita para el calcio. Hay diferentes fabricantes. Uno fabricante multiplica el gasto del tercer reactivo en ml y multiplicar por 1000 para obtener el resultado como ppm, así que después del cambio de color simplemente observar cuánto gastaron en la escala de la jeringa y el resultado multiplicado por a 1000 mg/L = ppm. Si te pasas la mitad del volumen de una jeringa será $0,5 \text{ ml} \times 1000 = 500 \text{ ppm}$ de cloruro en la muestra. Si, por ejemplo, pasar solamente $0,3 \text{ ml} \times 1000 = 300$ cloruro de ppm. Si la muestra inicial en lugar de 5 ml para doble a 10 ml, el volumen gastado en tercer reactivo de jeringa en lugar de multiplicar por 1000, sería multiplicar por 500. Ejemplo: pasó en la jeringa a la violeta de la vuelta de solución para el volumen de $0,5 \text{ ml} \times 500 = 250 \text{ ppm}$. Otro fabricante el resultado de la titulación ya presenta en su jeringa directo en ppm.



Sulfato - Es un kit diferente de turbidez. Observe en la imagen que el tubo en el lado izquierdo tiene una **X** en la parte inferior del recipiente y la solución turbia se añadirá poco a poco como se señaló anteriormente este tubo hasta que ya no puede ver la **X** en la parte inferior del envase de la solución turbia mirando de arriba y que ha sido preparada en otro tubo en el lado derecho de la foto puede ser de 10 o 20 ml. el procedimiento normal es con 20 ml de la muestra. Añaden 10 gotas de reactivo SO_4^{-1} (son 2 botellas iguales del primer reactivo); luego añadir el segundo reactivo para SO_4^{-2} con la pequeña botella negra y la medida de una cucharita porque es una sal y agitar el tubo para mezclar. Ahora si consigues la solución turbia es porque hay sulfatos en la muestra, pero si la solución está límpida y transparente es porque no hay sulfatos en la muestra. Ahora si agrega solución gradualmente turbia en el otro tubo que tiene la marca de **X** en la parte inferior del recipiente y se observa sobre el tubo hasta que ya no llega a ver este **X** y lee el valor de la escala de la tubería desde 25 a 200 mg/L (ppm). Si desea duplicar la escala hasta 400 mg/L



(ppm), simplemente rellena el tubo de la derecha con sólo 10 ml de muestra y completa para 20 ml con agua pura.

Como se mencionó anteriormente, la forma dominante de absorción de azufre es el sulfato (SO_4^{--}) mientras que en las bolsas comerciales de fertilizantes aparece como sulfito (SO_3^{--}). Convertir sulfito a sulfato simplemente multiplicar por 1,2. En el camino contrario, para convertir el sulfito para S elemental puro, multiplica por 0,4. Ejemplo: para el fertilizante de sulfato de potasio (SOP) que tiene 45% de sulfito. $45 \times 1.2 = 54\%$ de sulfato. La conversión contraria es $45 \times 0,4 = 18\%$ de S elemental puro.

Eso mismo fertilizante sulfato potasio (SOP) tiene 50% de K_2O . Convertir para K de puro, multiplica por 0,83 para obtener el 41,5% de K.





Magnesio – Kit de titulación. Aunque el procedimiento es similar a otros kits de titulación, deberá realizar una dilución para utilizar una escala compatible para utilizarlo en agricultura. Llenar el envase con 1 ml de la solución recogida en los chupa-tubos + 4 ml de agua pura. Añadir 1 ml de reactivo "MG-1" y la medida de una pequeña cucharita de reactivo "MG-2" que es una sal y prontamente se disuelve después de dar una breve revuelta y la solución se queda roja o rosada. Llena la jeringa con 1 ml del reactivo "MG-3" y hace la titulación gota a gota hasta que el color cambie a azul. Mira en la escala de la jeringa que para cada 0,01 ml = 3 ppm de Mg; en esta proporción para 0,1 ml del último reactivo "MG-3" = 30 ppm de Mg y para 1 ml completo = 300 ppm de Mg.



Cobre - Es también un kit de cinta colorimétrica. Muy rápido, escala simple y amigable para el uso agronómico debe mantener los niveles de cobre entre 10 e 30 ppm. Esta es una gama de seguridad que garantiza una concentración adecuada de un micronutriente evitando excesos en dosis más altas.

Nota importante: este kit identifica solamente la forma iónica y no quelatos. Puede interpretarse como error que este micro que se aplica vía fertigración como quelato y que anotaría cero en el teste, pero que no sea verdad, sólo que este kit no es sensible para identificar quelatos.



Hierro – El mismo descripto para el kit de Cobre arriba.

Otros micronutrientes – todavía no tenemos en el mercado de kits rápidos, sea de cinta colorimétrico, o de titulación, o de turbidez, kits para otros micros en escala adecuada para fertigación, así que el manganeso, zinc, boro, molibdeno, cobalto y níquel además esperamos tener en el futuro.

Interpretaciones

En fertigación la interpretación debe ser relativa identificando el DELTA (Δ) entre dos análisis de la solución del suelo. Vamos a comparar para cada elemento, la colección de muestra actual contra la colección anterior para identificar el Δ .

Si por ejemplo el pH en la muestra anterior fue 6 y la nueva colección indicó pH de 5,5 implica que el Δ de 0,5 más ácido y esto interpretamos como una tendencia a acidificar la solución del suelo que se puede confirmar en la próxima colección.

Si por ejemplo el kit nitrato presentó en la colección anterior 300 ppm y después 200 ppm en la colección siguiente implica que si perdió 100 ppm y la decisión de manejo para aplicar la dosis que sea necesaria para restablecer la concentración de nitrógeno deseada.

Si el fósforo en la muestra anterior fue de 10 ppm y la muestra siguiente fue de 25 ppm, pero el ideal sería obtener 50 ppm para suelos arenosos. Entonces todavía tendríamos que aplicar + 25 ppm de fósforo. Mismo con la concentración de fósforo mejorado en relación con la muestra anterior, no fue suficiente para alcanzar la concentración deseada. Este enfoque informa la actual disponibilidad de nutrientes para las raíces y el Δ en relación a la muestra anterior y el agricultor decidirá en las próximas fertigaciones las dosis para optimizar la disponibilidad de fosfatos para las raíces.

Kits rápidos son fáciles para dar orientaciones prácticas en los niveles de nutrientes, salinidad (CE) y pH. Son valiosas informaciones para facilitar la toma de decisiones reduciendo al mínimo los errores en elecciones de fertilizantes y en dosis para ser aplicadas. La mayoría de los errores de manejo es debida a la falta de información mínima acerca de la disponibilidad de los nutrientes, salinidad total (CE), pH y lixiviados cuando el chupa-tubo más profundo de 45 cm obtiene



lecturas más grandes de nutrientes y CE en relación con los chupatubos menores de 15 y 30 cm.

Sería poco probable que un agricultor después de identificar el pH ácido de la solución de suelo, y no hacer la corrección, pero el agricultor decide aplicar más fertilizante ácido vía fertigación como, por ejemplo, sulfato de amonio, urea, ácido fosfórico, otros. La actitud del agricultor sería inmediatamente evitar el uso de fertilizantes de tendencias ácidas en decisión coherente y lógica para corregir el pH tratando de elegir a través de aplicaciones de fertigación con fertilizantes más alcalinos como nitrato de calcio y nitrato de potasio, por ejemplo.

También sería poco probable identificar en la solución del suelo por ejemplo los niveles de calcio por encima de 150 ppm cuando sería suficiente entre 60 y 100 ppm, el agricultor aplicar más calcio para aumentar los desperdicios e incrementar la competición contra otras cationes como K y Mg, así como aumentar la salinidad total contra el manejo adecuado.

Es tan simple interpretaciones y siempre en la lógica de toma de decisiones, evitando errores de gestión sólo por ajuste de dosis y la elección de las fuentes de fertilizante sin adivinar y sin errores gruesos. El monitoreo es una herramienta efectiva de alerta para evitar muchos errores de las decisiones de manejo de la fertigación y errores que las "recetas de tortas" pueden ocurrir, pero ahora es muy fácil y obvio para identificar y corregir.



Premisa N.º 5 - Cantidad X Concentración

Agricultura irrigada ha heredado los criterios cuantitativos de la agricultura de secano que normalmente utiliza las expresiones como kg/ha o g/planta. Así que si hay definición de las cantidades de fertilizantes para aplicar sobre un cultivo con riego sólo sirve para dividir las dosis que ya están previamente definidas. Desde el punto de vista matemático es OK. Desde el punto de vista fisiológico que estamos años luz de distancia del manejo ideal. Esta distribución de los fertilizantes es ahora del tipo "receta de torta", no utiliza ninguna interpretación agrícola de decisión para las cantidades estimadas de nutrientes a la productividad deseada.

Las raíces absorben la solución de nutrientes del suelo y podemos manejar las concentraciones de sales (fertilizantes) solubles a través de frecuentes y pequeñas fertigaciones con bajas concentraciones en dosis ligeras para mantener la salinidad dentro de los límites deseados y tolerancias de cada cultivo por control de nivel de CE y más allá de influir decididamente en la composición de las sales que forman la CE, cambiando las proporciones según las etapas fenológicas de desarrollo del cultivo desde etapa vegetativa, floración, llenar las frutas, granos o tubérculos, maduración y cosecha.

Para trabajar la "concentración" tendremos que migrar a otro criterio de dosis que es **g/m³**.

Ahora vamos a traer los volúmenes de riego a m³ en lugar de utilizar el tiempo cuando el agricultor activa el sistema de riego para unas horas. Es común decir que se irrigó durante 3 o 4 horas. Si conocemos el caudal de los emisores en L/hora, el número de emisores por línea y número de líneas por hectárea, habrá un volumen total riego en **m³**.



Es importante definir el volumen de cada riego para trabajar con concentración en **g/m³**.

Otra forma de identificar el volumen es cuando la empresa de irrigación que elaboró el proyecto, informa la capacidad de riego en mm y la conversión de mm x 10 = m³ / hectárea. Ejemplo: un 4 mm riego = 40 m³ / hectárea.

Resuelto el criterio del volumen en m³, vamos a la siguiente premisa que es como traer las garantías presentadas en % de los nutrientes en los abonos comerciales y convertirlos a ppm que representa las concentraciones que se utilizan en los varios kits rápidos para identificar la concentración de cada nutriente en la salinidad total en la solución del suelo.

El siguiente paso en este método es muy simple para decidir dosis vía fertigación y llevar todo el manejo siendo tratado en ppm y no más en %.



Premisa N°6 - "Regla de Oro de Fertigación"

100 g/m³ = garantía de la fórmula cambia de % a ppm

Esta dosis inicial convierte % de nutrientes de cualquier fertilizante hidrosoluble para en cada m³ de riego para ppm.

Lo más importante es que es proporcional, es decir, dos veces la concentración, serían 200 g/m³ proporciona el doble de la garantía de la fórmula en ppm. Y si fuera la mitad de la dosis inicial de 50 g/m³ es la mitad la fórmula cambia de % a ppm.

Ejemplo con la fórmula NPK hidrosoluble 16-08-32 en una irrigación de 5 mm = 50 m³ de volumen para irrigar por hectárea. Cuando se utiliza la regla de oro de la fertigación en la proporción original de 100 g/m³ x 50 m³ sería una dosis de 5 kg por hectárea de esta fórmula y cada emisor (gotero, micro aspersor, otros) proporcionaría exactamente 16 ppm N, 08 ppm de P₂O₅ y 32 ppm de K₂.

Si aplicamos la dosis inicial 5x más grande, serán de 500 g/m³ y la garantía de la fórmula va de % a ppm 5x más concentrados, pasando de 16-08-32 a 80-40-160 todo en ppm de N-P₂O₅-K₂O.

Interesante, la industria de fertilizantes utiliza expresiones de **óxidos** para fósforo y para potasio desde los años 1930 aunque ahora sabemos que en vez de P₂O₅ las plantas absorben ortofosfatos que es H₂PO₄⁻ es normal expresar sin los 2 Hidrógenos como solamente PO₄⁻⁻⁻ (fosfato); y el potasio en lugar de K₂O las raíces absorben el catión K⁺ puro, sin Oxígeno. Los kits presentaron aquí medida PO₄⁻⁻⁻ y su conversión de P₂O₅ para PO₄⁻⁻⁻ es multiplicar por 0,75. Ya la conversión de K₂O para K⁺ multiplicar por 0,83.



Los óxidos de otros nutrientes también deben hacer conversiones:

CaO para Ca multiplique por 0,71.

MgO para Mg multiplique por 0,6.

Para el azufre, el caso es más curioso porque la forma de óxido usada es SO_3 (Sulfito) pero la forma iónica que las raíces absorben es SO_4 (Sulfato). La industria de fertilizantes presenta la garantía de azufre en % de SO_3 o como azufre elemental pura "S". Convertir SO_3 para SO_4 dividir por 0,84 o multiplicar por 1,2. Para convertir SO_3 en S pura, multiplicar por 0,4 o dividir por 2,5. Para convertir SO_4 para S pura se multiplique por 0,34 o dividir por 3. El kit rápido es de turbidez e identifica SO_4 (sulfato) que es la forma que la planta absorbe de facto.

En el ejemplo anterior que aplicada 500 g/m³ a 80-40-160, los 40 P₂O₅ multiplicar por 0,75 = 30 ppm de PO₄ y 160 ppm de K₂O multiplicarse por 0,83 = 133 ppm de K.

Ejemplo usando urea 45% N, hacer cumplir y aplicar la Regla de Oro de Fertigación, donde 100 g/m³ proporciona exactamente 45 ppm de N e si el volumen es de 40 m³/hectárea, 100g x 40 m³ = 4 kg de urea a aplicar por fertirriego por hectárea y que cada emisor de riego recibirá 45 ppm N.

Como esta regla es proporcional, hacer regla de 3 y por lo que para los 200 g/m³ proporcionará doble garantía para Urea sería 45 x 2 = 90 ppm.

Ejemplo usando KCl hidrosoluble con 60% K₂O, desea aplicar 300 ppm de K₂O. Si 100 g/m³ proporciona la garantía de 60 ppm, entonces, para 300 ppm serían 5x 100g = 500 g/m³ y si el volumen riego es por ejemplo de 7 mm = 70 m³/hectárea, luego 500 g x 70 m³ = 35 kg de KCl.

Convertir 300 ppm de K₂O a K puro, multiplica por 0,83 = 249 ppm de K se puede considerar redondeo a 250 ppm.



Parámetros sugeridos para algunos cultivos usando kits rápidos en solución del suelo. En los rangos sugeridos, considerar para los nutrientes, los más grandes valores en la maduración y los valores más bajos en la etapa vegetativa y de floración.

Considerar el valor de cloruro como límite de tolerancia por encima de este valor los rendimientos tiende a disminuir.

Para el rango de equilibrio del pH de los distintos nutrientes son en fase soluble debe ser siempre dentro del rango de 7,5 5,7.

Los valores dados aquí como parámetros están destinados a servir como referencia inicial y que futuros ajustes y futuras investigaciones harán caso por caso.

La experiencia de campo nos advierte que hay supuestos "errores gruesos" en el manejo y que no son intencionales, aunque común en el productor que insiste en dosis de ciertos fertilizantes por exceso o por deficiencia, por falta de datos en que basar para decidir sobre las fertigaciones. Lo más importante es reducir al mínimo los errores involuntarios que se producen por desinformación en las decisiones de elección de los fertilizantes y dosis a aplicar.

¿Por qué nadie se aplicaría un fertilizante con tendencia ácida como el sulfato de amonio o MAP purificada si el pH sea <5 ? Es para aquellos casos que son comunes a este monitoreo servirán como una guía y elegirán tendencia alcalina fertilizante como Nitrato de Calcio, de Magnesio o de Potasio.

¿Para alguien que necesita de 150 ppm de calcio e identificados que ya hay en la solución de suelo 200 ppm disponible no es lógico que aplicaría en la siguiente fertigación más calcio? ¿Sería un desperdicio? ¿Sería innecesario? Sería perjudicial para llamar sobredosis que competiría con otros cationes como el Mg, K y algunos micros como Mn, Zn, Cu y Fe.



Los parámetros actuales sugeridos serán mejorados y ajustados naturalmente, sin embargo, ahora son nuestra mejor referencia para el manejo y minimizar los errores.

Las siguientes tablas con los parámetros sugeridos en solución del suelo para diversas culturas entre frutas, hortalizas, flores, cereales y forestales.

Los intervalos sugeridos a considerar más pequeños para las plantas jóvenes o en fase vegetativa y debe aumentar gradualmente durante el ciclo fenológico hasta llegar a la maduración con los valores más altos y el objetivo sería evitar los extremos siempre ajustar la fertigaciones para obtener valores de nutrientes dentro de los rangos sugeridos y la experiencia nos enseña que es muy común que fuera de los rangos que causan desequilibrios nutricionales e inhibiendo la mejor performance y productividad dentro del potencial posibles.



Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Café Arábica	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 350	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 80	25 - 40	100 - 150
Café Conilon/Robusta	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 450	150 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 120	40 - 60	80 - 120
Citricos General	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 180
Naranja	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 180
Limón	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	90 - 180
Mandarín	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 120	30 - 60	60 - 120
Toronja	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 100	30 - 50	60 - 120
Banana	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	300 - 700	50 - 120	25 - 60	60 - 100
Plátano	1,5 - 2,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	300 - 800	80 - 120	40 - 60	90 - 180
Papaya	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 600	50 - 80	25 - 40	60 - 100
Uva vino	1,5 - 4	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	300 - 800	80 - 120	40 - 60	60 - 100
Uva mesa	1 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 200	40 - 100	100 - 150
Uva sin semilla	1 - 3	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 600	80 - 200	40 - 100	80 - 120
Mango	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	100 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Aguacate	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Fruto de la pasión	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 250	100 - 250	25 - 50	200 - 400	40 - 80	20 - 40	50 - 100
Coco	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 350	25 - 50	200 - 500	40 - 80	20 - 40	40 - 80
Palma de Pupuña	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 100	30 - 50	60 - 100
Kiwi	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 400	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	50 - 100
Tamarindo	2 - 4	5,7 - 7,5	< 1200	150 - 350	25 - 50	300 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Manzana	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Pera	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	200 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Olivo	2 - 4	5,7 - 7,5	< 800	100 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Caqui	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Lichi	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	250 - 550	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Cacao	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100



Cultivo	EC mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Granada	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Durazno	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Níspero	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Seriguela	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	200 - 400	25 - 50	250 - 550	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Damasco	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 400	200 - 350	25 - 50	200 - 500	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Ciruela	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	250 - 500	60 - 120	30 - 60	80 - 120
Cereza	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	60 - 100
Higo	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Almendra / nuez	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Pistacho	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Macadamia	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 600	150 - 300	25 - 50	300 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Carámbola	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Pitanga	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	200 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Acerola	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 450	200 - 300	25 - 50	250 - 600	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Cayú	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Jaca	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	250 - 500	50 - 150	25 - 75	60 - 100
Cajá	1 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 120	40 - 60	100 - 150
Anona	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Hancornia	1 - 3	5,7 - 7,5	< 350	150 - 300	25 - 50	200 - 600	80 - 120	40 - 60	100 - 150
Graviola anona	1,5 - 3,5	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 500	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Guayaba	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 450	50 - 120	25 - 60	60 - 100
Frambuesa	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Zarzamora	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	200 - 300	25 - 50	250 - 600	80 - 150	40 - 75	80 - 120
Ananas / Piña	2 - 3,5	5,7 - 7,5	< 800	100 - 300	25 - 50	500 - 800	60 - 100	30 - 50	100 - 150



Cultivo	EC mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Tomate	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 150	30 - 75	70 - 120
Tomate Cereza	1,5 - 4	5,7 - 7,5	< 700	150 - 300	25 - 50	300 - 800	60 - 150	30 - 75	90 - 140
Melón / Sandía	1 - 3	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 600	60 - 100	30 - 50	60 - 100
Cebolla / Ajo	1 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	70 - 120
Pimentón / Chile	0,8 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 400	40 - 80	20 - 40	60 - 100
Pimienta	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 80
Zanahoria	0,8 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	100 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Papas	0,8 - 2,2	5,5 - 6,5	< 300	100 - 300	25 - 50	100 - 600	40 - 60	20 - 30	60 - 100
Batata	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Lechuga	0,6 - 1,8	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Rucola	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Acelga	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Mastuerzo	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Repollo	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Fresa	0,8 - 2,2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 550	60 - 80	30 - 40	60 - 100
Pepino / Calabacín	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Calabaza	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 350	200 - 300	25 - 50	250 - 400	60 - 120	30 - 60	50 - 100
Berenjena	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	50 - 100
Remolacha	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 150	30 - 75	70 - 120



Cultivo	EC mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Ñame	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Chuchú	1,2 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Quingombó	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Jengibre	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Espinaca	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Brócoli	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	150 - 300	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 100
Perejil / Coriandro	0,7 - 1,5	5,7 - 7,5	< 250	150 - 250	25 - 50	100 - 250	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Maxixe	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	150 - 250	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Mostaza	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Nabo / Rábano	0,8 - 1,8	5,7 - 7,5	< 300	100 - 200	25 - 50	100 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Jiló	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Guisante	0,8 - 1,3	5,7 - 7,5	< 250	50 - 120	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 70
Maní	1 - 2	5,7 - 7,5	< 350	50 - 120	25 - 50	150 - 300	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Asparagus	2 - 4	5,7 - 7,5	< 800	150 - 350	25 - 50	300 - 500	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Mandioca	1,2 - 1,8	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Yuca	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	150 - 350	25 - 50	200 - 450	60 - 100	30 - 50	40 - 80
Menta	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Basilio	1 - 2	5,7 - 7,5	< 300	100 - 300	25 - 50	150 - 300	50 - 100	25 - 50	40 - 80

Cultivo	EC mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Eucalipto	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 350	100 - 200	25 - 50	150 - 300	40 - 60	20 - 30	40 - 80
Pinus	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Seringueira	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 250	25 - 50	150 - 350	50 - 80	25 - 40	40 - 80



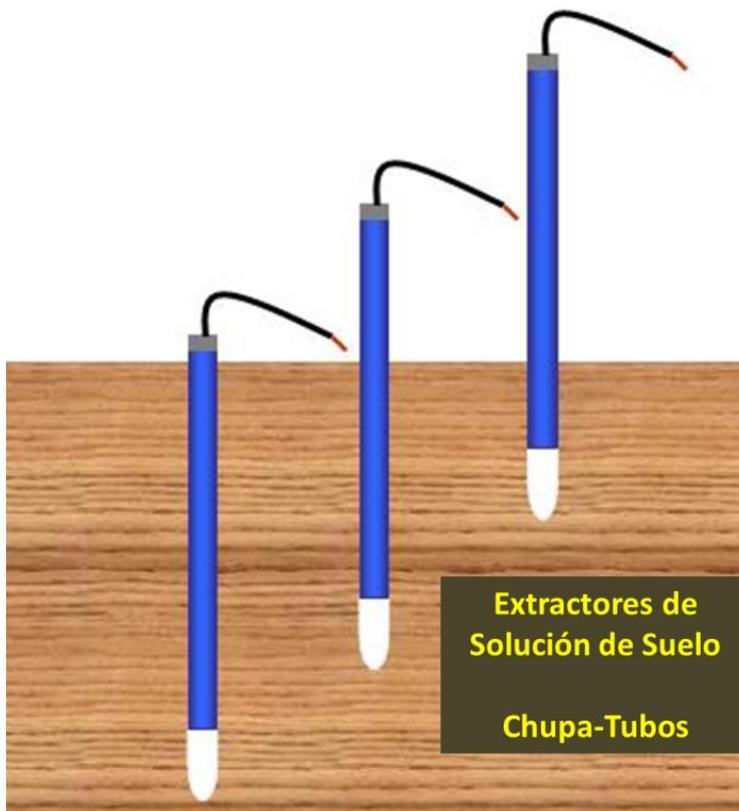
Cultivo	EC mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Flores (General)	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Rosa	1,2 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Orquídea	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 80	25 - 40	40 - 80
Alpinias	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Heliconias	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Cravo	1,2 - 2,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Anturios	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Gérbera	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Gipsófilo	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Impatiens/nomeolvides	0,8 - 1,5	5,7 - 7,5	< 200	100 - 250	25 - 50	150 - 300	50 - 80	25 - 40	40 - 80
Violeta	1 - 1,8	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 350	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Tulipán	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80
Lisianthus	1 - 2	5,7 - 7,5	< 200	100 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	40 - 80

Cultivo	CE mS/cm	pH	Cl ⁻ (ppm)	NO ₃ ⁻ (ppm)	PO ₄ ⁻ (ppm)	K ⁺ (ppm)	Ca ⁺⁺ (ppm)	Mg ⁺⁺ (ppm)	SO ₄ ⁻ (ppm)
Algodón	1,2 - 3	5,7 - 7,5	< 700	150 - 400	25 - 50	250 - 800	80 - 140	40 - 80	70 - 120
Frijol / Soja	0,8 - 1,3	5,7 - 7,5	< 250	50 - 120	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	50 - 70
Maiz	1 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	50 - 100	25 - 50	70 - 120
Sorgo	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	200 - 450	60 - 120	30 - 60	70 - 120
Pasto / Prado	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 700	200 - 400	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Trigo	1,5 - 2	5,7 - 7,5	< 400	150 - 300	25 - 50	200 - 400	50 - 100	25 - 50	60 - 100
Arroz	1 - 2	5,7 - 7,5	< 400	100 - 250	25 - 50	150 - 300	40 - 80	20 - 40	90 - 140
Girasol	1 - 2	5,7 - 7,5	< 350	100 - 250	25 - 50	100 - 400	60 - 120	30 - 60	60 - 100
Aceite de Ricino	1,5 - 3	5,7 - 7,5	< 500	150 - 300	25 - 50	200 - 500	60 - 150	30 - 75	70 - 120
Avena	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Canola	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Centeno	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Cebada	1,5 - 2,5	5,7 - 7,5	< 500	100 - 300	25 - 50	150 - 400	60 - 120	30 - 60	90 - 140
Caña de Azúcar	1 - 2	5,7 - 7,5	< 500	100 - 250	25 - 50	100 - 400	40 - 80	20 - 40	60 - 100



Preguntas y Respuestas sobre Fertigación

1. ¿Por qué utilizar 3 profundidades de extractores del suelo solución (ESS), los Chupa-Tubos de 15, 30 y 45 cm?



Identificar si la distribución de sales en los horizontes del suelo es homogénea o heterogénea, y para comparar la CE de 3 muestras y si las diferencias entre ellas son menores o igual a 0,5 mS/cm se puede considerar homogéneas.

Ejemplo:

CE 15 cm = 1,5 mS/cm,

CE 30 cm = 1,7 mS/cm,

CE 45 cm = 2 mS/cm.

Homogéneas muestras y esto significa que la lámina de riego es buena. Sin embargo, si la diferencia es mayor de 0,5 mS/cm y la CE más grande para el chupa-tubo de 45 cm, que indica lixiviación por exceso de irrigación. Ejemplo:

CE 15 cm = 1 mS/cm,

CE 30 cm = 1,8 mS/cm,

CE 45 cm = 2,5 mS/cm.

Tenga en cuenta que en este ejemplo contamos con salinidad mayor a 45 cm, que indica fuerte lixiviación. El manejo en este caso sería reducir el tiempo / volumen de riego y después de medir en las semanas siguientes para ajustar la distribución de las sales para quedarse más homogénea con la diferencia de CE < 0,5 mS/cm entre las 3 profundidades.

Del mismo modo la interpretación opuesta para el chupa-tubo pequeño de 15 cm tiene el CE más grande indica que la irrigación es insuficiente para mejor distribuir las sales de los fertilizantes a los horizontes más profundos.

Idealmente, los 2 chupa-tubos de las profundidades de 15 y 30 cm debe dominar la nutrición deseada, mientras que el tercer chupa-tubo en la profundidad de 45 cm es nuestra garantía de que no tiene desperdicio, si el tubo profundo tiene CE alta, es una indicación fuerte que más abajo tendrá seguramente más nutrientes perdidos. Nutrición profunda es típica de la agricultura de secano, mientras que, en riego, debe inducirse la emisión de raíces y radículas en los horizontes superiores del suelo que mejoran su capacidad para absorber, mientras que las raíces más profundas o raíces más laterales en el suelo que es mucho más costoso e ineficiente porque estos son más soporte físico y menos de absorción porque tornase gruesas y leñosas después de un período seco.



2. ¿Cómo elegir el fertilizante a utilizar vía fertigación y cómo elegir la fuente de N entre urea, amonio o nitrato?

La respuesta depende del medidor de pH.

Aunque muchos eligen fertilizantes y nutrientes por los precios que tienen, sería prudente determinar el pH de la solución del suelo antes de decidir aplicar fertilizantes.

Ejemplo: Vamos a elegir una fuente de nitrógeno para la próxima fertigación e identificar el pH de la solución del suelo que está entre 8 - 8.5.

Sabemos que son acidificantes fuentes de amonio, así como Urea tiende a ser acidificante también, pero más suave que el amonio. Por el contrario, fuentes de nitratos son alcalinas.

Si la solución del suelo tiene pH entre 5 - 5.5 debe minimizar el uso de amonio y urea para dar preferencia a los nitratos.

El pH de la solución del suelo entre 5.7 a 7.5 es el rango ideal, por supuesto debe usar en equilibrio diferentes fuentes de N para mantener el pH en el rango deseado. Si utiliza sólo un tipo de fertilizante durante el ciclo de cultivo, la tendencia es salir del rango apropiado, pero muestras de la solución de suelo frecuentes para medir el pH dirigirán las decisiones.

Está claro que esta manipulación del pH se realiza con muchos otros fertilizantes además de las fuentes de nitrógeno desde el ejemplo anterior.

Por muchos años creyó que había una relación nitrato/amonio ideal para recomendar basado en un antiguo trabajo con melón que había dado el mejor resultado en proporción de 80% / 20% de nitrato para amonio, sin embargo, algunos años más tarde demostró que esta



relación era conveniente para las aguas de riego ácidas con pH originalmente entre 5 a 5,5 y que esa proporción de nitrato y de amonio si llegase a un excelente nivel de pH en solución del suelo entre el 6 - 7. Sin duda esta relación con los nitratos elevará el pH y cómo nitrógeno dominante ya no sería adecuado si el pH original agua de riego fuera más alcalino. No hay ninguna proporción lista para recomendar entre nitrato / amonio, pero que el pH en solución del suelo es un juego de frecuentes ajustes obtenido variables relaciones. Por supuesto no hay mejor proporción definido previamente, pero en todos los casos debe preparar los ajustes teniendo en cuenta el pH original del agua de riego y pH obtenidos en solución del suelo y después de unas dosis de ajustes alcanzan el pH deseado y la relación nitrato / amonio no será nunca una recomendación y se debe revisar a menudo para posibles nuevos ajustes.

3. ¿Fertirriego es un complemento del abono de base en el preparo del suelo o debe ser el 100% del fertilizante aplicado, eliminando la tradicional fertilización de suelo y complementos?

Se trata de una evolución natural que se producirá como el aumento del nivel educativo de los agricultores. La tradición cultural todavía es grande y es muy común aplicar fertirriego como complemento del abono convencional. Migrar a 100% de la nutrición vía fertirriego se produce gradualmente con la confianza del agricultor en las fertirriegas que la hace y sin duda será doblemente ventajosa a menor costo y mayor eficiencia. Este proceso de convencimiento puede tomar tiempo, hasta que el personal de campo sepa manejar y



dominar el manejo correcto con los fertilizantes hidrosolubles y es una tendencia en aumento de fertirrigaciones y la reducción de los abonos convencionales. Mano de obra calificada es el principal cuello de botella como limitante para superar esta primera etapa e ir al siguiente paso.

4. Dosis de fósforo soluble vía fertirrigación son pequeñas y frecuentes. ¿Por qué?

Para la fertilización de base con fósforo, las dosis convencionales son tan altas y siempre de baja eficiencia por la poca absorción debido a las limitaciones de baja disponibilidad, fácil inmovilización en el suelo en las arcillas y por el rango de pH restringido para mantener el fosfato en la fase soluble, además de la fácil reactividad con otros iones, provocando la precipitación. Con la solución del suelo más ácida que pH 5,7 los fosfatos comienzan a reaccionar con aluminio y se todavía la solución del suelo pasa a más ácido con un pH inferior a 5, además de aluminio, reacciona y se precipita con hierro y manganeso. En la dirección opuesta con el pH alcalino por encima de pH 7,5 fosfatos precipitan por reaccionar con el calcio dominante en menor intensidad con el magnesio.

El secreto de la disponibilidad de fósforo soluble para aplicar vía fertirrigación sería a través de dosis pequeñas y frecuentes, manteniendo entre 40 a 60 ppm de P_2O_5 . Ejemplo con una fórmula soluble NPK 15-**10**-30, cuya P_2O_5 es 10% y utilizando la Regla de Oro para Fertirrigación con 100 g/m^3 la fórmula va de % a ppm y si en este ejemplo el volumen por hectárea es de 50 m^3 , sería necesario aplicar $100 \text{ g/m}^3 \times 50 \text{ m}^3 = 5 \text{ kg}$ de esta fórmula 15-10-30 e en los emisores de riego salen 15 ppm de N, 10 ppm de P_2O_5 y 30 ppm de K_2O . Considerando que nosotros



deseamos por lo menos de 40 ppm de P_2O_5 por lo que la dosis de esta fórmula sería 4x superior pasando a $400 \text{ g/m}^3 \times 50 \text{ m}^3 = 20 \text{ kg}$ de la fórmula (simple regla de 3). Por lo que hemos alcanzado el nivel deseado de la inyección de P_2O_5 en 40 ppm, pero también se aplicó vía fertigación N y K_2O para 4x más que la garantía de fórmula original e que también pasan a ppm, que es $15 \times 4 = 60$ ppm de N, $30 \times 4 = 120$ ppm de K_2O en este caso fue la base de la recomendación y para satisfacer las demandas de N y K, pueden añadirse otras fuentes de estos nutrientes complementares caso el fósforo esté en el nivel deseado mientras N y K todavía no.

La frecuencia de las aplicaciones de fósforo soluble mediante fertigación debe ser por lo menos 2x semana para suelos arenosos y más frecuentan en suelos arcillosos de 3x o más por semana y siempre en pequeñas dosis para obtener entre 40 a 60 ppm de P_2O_5 . Muy pequeñas aplicaciones a nivel diario serían geniales y sería necesaria la automatización con un controlador que puede ser la computadora o temporizador. El análisis de la solución del suelo con los kits rápidos identificará solamente el fosfato disponible y no el activo fijo y preso en las arcillas. Los análisis identifican fósforo en forma de PO_4 y no P_2O_5 . La conversión es multiplicar por el factor de 0,75 para pasar de P_2O_5 para PO_4 . Para potasio, los análisis son siempre con el elemento puro K y fertilizantes en K_2O . La conversión de K_2O para K es multiplicar por 0,83.

Ejemplo de conversión de unidad:

60 ppm de P_2O_5 convertir multiplicando por 0,75 para obtener 45 ppm de PO_4 .

100 ppm de K_2O convertir multiplicando por 0,83 para 83 ppm de K.

Para que se quede más clara esta cuestión vamos a detalle con un ejemplo del manejo. Las aplicaciones de fosfatos convencionales en



forma de fertilizantes granulares para su aplicación e incorporación en el suelo es una práctica tradicional de la agricultura de secano que se practica todavía masivamente en la agricultura de regadío. Se trata de una herencia maldita que tiene baja eficiencia en el suministro de fósforo a las plantas. Bueno, el mejor manejo es suministrar fósforo siempre en dosis pequeñas y frecuentes. Fuentes de fósforo hidrosolubles vía fertigación, deben solamente aplicarse en el punto de vista agronómico, en dosis bajas y repetidas veces. Fosfatos se prenden fácilmente en las arcillas en unos pocos días después de aplicado al suelo y nuevas aplicaciones de los fosfatos son necesarios para asegurar que se dispone en solución del suelo. Ejemplo de dosis a aplicar usando una fuente de fósforo soluble y rico que es el **MAP purificada (12-61-00)**. Este fertilizante tiene **61% de P₂O₅** y por la "Regla de Oro de Fertigación" donde aplicar **100 g/m³** la fórmula va cambiar de **% a ppm** y en una textura del suelo media de arcillas y arenas, sería conveniente tomar el parámetro deseado de aproximadamente 40 ppm de **fosfato (PO₄)** que es la forma que aparece en las pruebas de análisis de la solución de suelo. La conversión de **P₂O₅** para **PO₄** se realiza multiplicando por 0,75. Así, $0,75 \times 61 = \sim 46$ ppm de **PO₄**. Por lo tanto, si se aplica la Regla de Oro en un volumen por hectárea con riego de 50 m³ por ejemplo, sería de $100g \times 50m^3 = 5kg$ de MAP purificada a aplicarse y en todos los emisores goteros de riego, ser aplicarían 46 ppm de **PO₄** y esto sería totalmente fosfato disponible a las raíces durante 1 a 2 días y cuando el suelo quedarse seco, el fosfato si prendería a las arcillas y sólo una fracción más pequeña sería libre y disponible, pero luego se aplicaría otra vez nuevas fertigaciones con fosfatos en buena frecuencia para mantener la solución del suelo junto a ~ 40 ppm. Además, el uso del kit de fosfato le informará lo que está disponible de nutrientes para la solución del suelo y la dosis a aplicar restricta a lo que le faltaría sólo para lograr la concentración deseada de ~ 40 ppm de **PO₄**. Así que se



aplica una dosis suave de mantenimiento, si tenemos disponibles próximos a los 40 ppm, y es que este fosfato muy rápido puede convertirse pronto en atrapado en el suelo. Por lo tanto, la fertilización tradicional de suelo con grandes cantidades de fósforo, son de muy baja eficiencia, caro y requieren una logística para aplicar e incorporar. Si el agricultor tiene sistema de riego es mucho más barato, simple y eficiente para suministrar fosfatos hidrosolubles vía fertigación y siempre en dosis pequeñas y frecuentes.

En las fórmulas NPK solubles para uso vía fertigación, dar preferencia a las formulaciones de baja contenido en fósforo y mantener mayor NK porque la demanda para las plantas para NK es mucho mayor entre estos 3 nutrientes.

5. ¿Cómo debemos actuar con fertigación en temporada de lluvias que generalmente proporciona una cantidad generosa de agua y se concentra en 3-4 meses del año?

Fertilizantes convencionales para uso directo en el suelo y los productos para uso hidrosolubles vía fertigación son fácilmente lavados en estos meses de mucha lluvia, además que el agricultor normalmente no acciona el sistema de riego durante este período. Sin embargo, tenemos algunas opciones de gestión para discutir cómo pequeñas aplicaciones de riego sólo para tener el tiempo suficiente para aplicar nutrientes concentrados, mientras que el suelo está ya húmedo, lo que significa que sería para aplicaciones adicionales de agua, pero sólo una rápida irrigación para aportar algunos nutrientes vía fertigación en poco tiempo de ejecución. Esto es factible sólo en riego localizado como goteros y micro aspersores, pero no sería posible en pivotes porque el



tiempo de riego para este tipo de equipos es mucho largo, incluso a la máxima velocidad que puede trabajar.

Otra alternativa de manejo concentrado de 3 a 4 meses de la temporada de lluvias es aplicada en fertilizantes de suelo protegidos por capas de polímeros, conocidos como los fertilizantes de liberación controlada y que algunos todavía llaman de liberación lenta. El término "liberación controlada" es más conveniente porque la tasa de liberación de nutrientes es prácticamente constante en dosis controladas en el tiempo de estimado, llamado longevidad. Así son los fertilizantes basados en Urea, o MAP granulado, o KCl, o otras fuentes que tienen longevidad por ejemplo entre 2 a 6 meses dependiendo del grosor de la capa de polímeros que cubre el grano del fertilizante. Abajo está un diagrama que ilustra la tecnología de polímero como ejemplo para cubrir y proteger la Urea. Teniendo en cuenta la pura Urea tradicional tiene entre 45% - 46% de N, e cubrir con una fina capa de polímeros tenemos N 44% con una vida útil hasta 2 meses. Aumentando el espesor de los polímeros sobre la Urea tenemos un aumento de la longevidad y disminuye evidentemente el contenido de N para N 43%, 42%, 41% con una vida útil o longevidad de 3 a 6 meses. Hay también para MAP granulado e KCl diferentes polímeros con diferentes longevidades. Todos de aquellos abonos COTES, protegidos por polímeros pueden formar diferentes formulaciones llamadas en mezclas de cotes + convencionales en diferentes proporciones y ciertamente será muy eficaz para disminuir las pérdidas de nutrientes por las lluvias durante la estación más húmeda como una buena alternativa cuando la nutrición vía fertigación tiene problemas operacionales y es menos atractiva.



Tecnologías **COTE**



Infiltra muy poca agua a través del polímero, pero el vapor de agua va bien fácilmente para dentro del grano, y después de condensar internamente en el grano disolverá el nutriente internamente para formar una solución nutritiva que tiende a escapar por difusión liberando poco a poco y sostenidamente en el tiempo programado o su longevidad que el fabricante siempre informa en número de meses.

6. ¿Con qué frecuencia debe hacer fertirrigaciones?

Lo ideal es siempre que irrigar si hace con fertirriego.

Sin embargo, esta pregunta está sin respuesta definitiva, debido a la amplia variación de la práctica en el campo. La mayor frecuencia de fertirrigación con pequeñas dosis, mejor manejo y menos variaciones en la salinidad (CE). Si tenemos riegos diarios, pero fertirrigaciones semanal (ejemplo), tenemos el día de la dosis de fertirrigación a cada 7 días a la vez y esto aumentará repentinamente la salinidad que se diluirá en los próximos 6 días en que recibirá sólo agua sin nutrientes. Así que la CE aumenta mucho en el día de practicar la fertirrigación y se está diluyendo



y lavado en el resto de la semana, volviendo en este ritmo de salinización y diluciones periódicos, promoviendo un efecto de acordeón al aumento y disminuye de CE en la solución del suelo. Esto causa estrés fisiológico en cualquier planta.

Evolución natural del manejo sería con la automatización mediante temporizadores o pequeños ordenadores que abre y cierra los solenoides (registros electrónicos) que cumplen con el comando a través de ordenador, tablet o incluso vía teléfono móvil, de depósitos con las soluciones de fertilizantes previamente disueltos, realizar las inyecciones con la automatización. No hay restricciones para preparar las soluciones de fertilizantes previamente. Estas soluciones son estables y no echan a perder.

Monitoreo de la solución del suelo es una herramienta que le informará las fuertes variaciones de los nutrientes y CE siempre que los intervalos de fertirrigaciones sea grande y por supuesto el agricultor decidirá si hace más frecuentes las fertirrigaciones y en dosis leves.

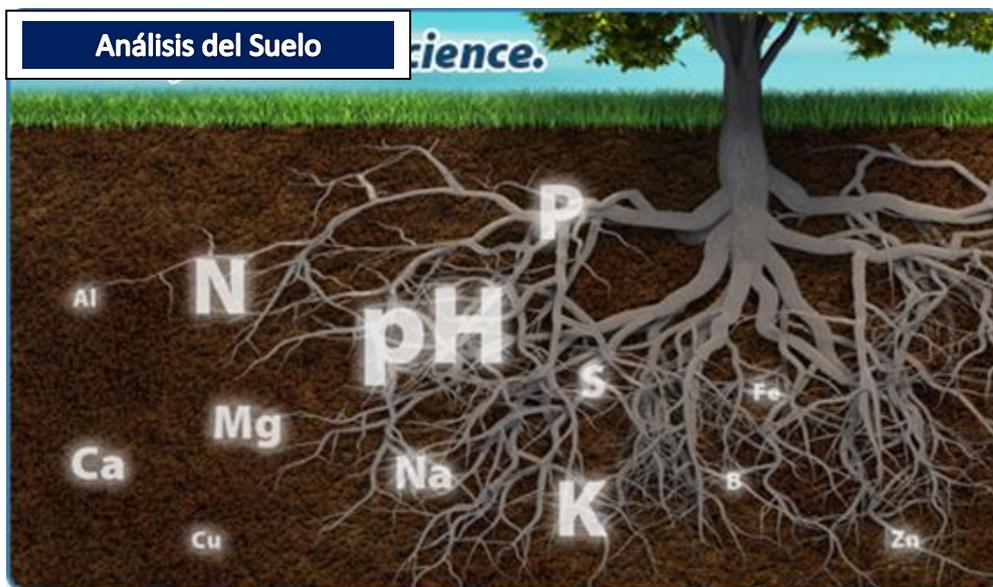
7. ¿Cómo hacer las correcciones por fertirriego si el pH original del agua de riego (río, lago, estanque, pozo) es fuera del rango ideal, o demasiado ácido o demasiado alcalino?

Identificación del pH original del agua es el primer paso para elegir fertilizantes para el uso vía fertirriego e identificar el pH de la solución del suelo después de la interacción de los varios nutrientes con los componentes del suelo formando una solución estable. Desde allí hacer ajustes de dosis frecuentes y escoger fertilizantes hidrosolubles de tendencias ácido o alcalino y poco a poco lograr el pH deseado. En suelos arenosos este proceso es rápido y fácil usando dosis



relativamente suaves, sin embargo, para suelos arcillosos, el poder tampón de los suelos pueden ser muy resistentes a los cambios de pH en la solución del suelo y la demanda de altas dosis de fertilizantes para corrección del pH a los niveles deseados.

8. ¿Análisis de suelos tradicionales pueden ayudar?



No. A menudo es un obstáculo respecto de manejo. Esto es porque las fertirrigaciones son muy dinámicas y el análisis de suelo tornase obsoleto muy rápidamente. Después de cada fertirrigación, todo cambia en lo referente a nutrientes, además de análisis de suelo tradicional medición de los activos disponibles + fijados. También el método de medición de tales análisis de extracto saturado de suelo con 1 porción de suelo 2,5 partes de agua y el use agua destilada, forma una proporción diferente de lo que está en la naturaleza con el agua de la irrigación, así que el agua destilada debe ser sustituida por el agua de



riego a ser más fieles a la realidad. Tan pronto como los análisis de suelo no cumplen con lo que queremos de información actualizada y fiel la realidad del campo. A diferencia del suelo, la solución del suelo con los chupa-tubos por aspiración de los extractores solución del suelo (ESS) son fieles a las raíces e ideal para el manejo y toma de decisiones sobre selección adecuada de fertilizantes para fertirrigación y sus dosis.

9. ¿Y análisis foliares, tejido o savia?

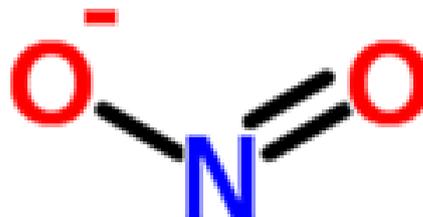
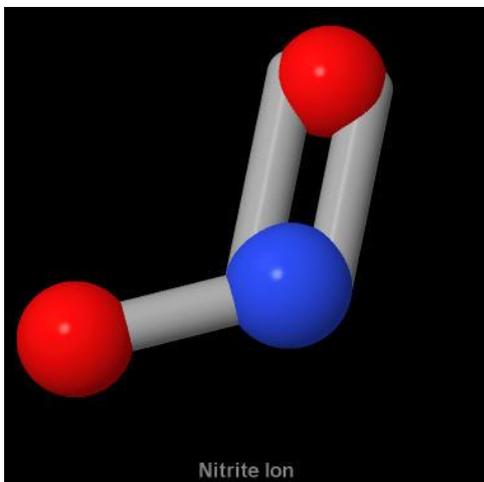


Es sólo una confirmación para informar sobre el contenido de nutrientes en las hojas y los tejidos para comparar con estándar de planta sana, bien nutrida y productiva, e identificar si hay deficiencias en ciertos nutrientes. Sin embargo, no sirve para el ajuste de la dosis y escoja de fuentes de fertilizantes para su aplicación vía fertirriego.

Ejemplo: un productor de uva hacía con intervalo de 4 meses, análisis foliares y cada repetición pasado más 4 meses las deficiencias de hierro y fósforo continuaban repetidas veces durante el largo transcurso de 2 años, mientras que aplicado dosis grandes de hierro y fósforo, usando los diferentes fertilizantes y, así como fosfatos solubles, diferentes quelatos y sales de Fe. Sin embargo después de 2 años sin resolver el problema de la falta de hierro y fósforo en el análisis foliar, identificamos que no fue un problema cuantitativo, ya que el agricultor aplicara altas dosis de estos elementos que faltan en las hojas, pero hemos identificado en solución del suelo obtenida con los chupa-tubos que el problema real era el pH elevado entre 9 y 9,5 mientras que la original de agua por encima de pH 8 y la inadecuada elección de fertilizantes tendencias alcalinas con mucho nitrógeno nítrico además exceso de calcio. Después de algunas fertigaciones con abonos tendencias opuestas, ácidas logramos bajar el pH hasta nivel entre 6,5 y 7, todos nutrientes aparecieron en el siguiente análisis foliar, incluyendo hierro y fósforo. Sabemos que hierro Fe^{+2} es soluble hasta pH 7,5 y que más alcalino pasa por la forma reducida que es insoluble Fe^{+3} . En relación a fósforo con el pH arriba de 7,5 a 8 empieza reacción y precipita con el calcio para formar fosfato de calcio insoluble.



10. ¿Qué hacer si usted identifica que apareció nitrito (NO_2^-) que es tóxico para las plantas?



Hay dos situaciones típicas que aparecen análisis de nitrito (NO_2^-) del kit de cinta colorimétrico rápido: o falta de oxígeno en el suelo por compactación, exceso de agua de la lluvia o el riego, causando inhibición de la acción y la proliferación de bacterias nitrificantes que son aeróbicas: Nitrosomonas, Nitrobacters e Nitrosospiras. Estas bacterias sólo se multiplican entre el pH >5 e <8, evitando pH extremos.

Hay otro factor que debe considerarse sólo para regiones de clima frío, fuera de las zonas tropicales, ya que las bacterias nitrificantes necesitan suelo temperaturas >8°C y puede tener baja población de estas bacterias durante el período de invierno por el frío haciendo nitrificación muy lentamente después del suministro de Urea o Amonio, formando el intermediario como nitrito. Para temperaturas del suelo entre 15°C y 25°C el periodo de nitrificación toma entre 2-3 semanas. Más caliente el suelo, más rápida la nitrificación.



11. ¿Por qué no puedo mezclar en tanque de disolución calcio con fosfatos o con sulfatos?

Calcio reacciona fácilmente con fosfatos y con sulfatos formando precipitados insolubles. Sólo en el pH muy ácido < 4 , calcio no reacciona con los fosfatos. Conviene no mezclar en el mismo tanque estos elementos. Fosfato de calcio y sulfato de calcio (yeso) son poco solubles o insolubles. Mezclas de fertilizantes para fertirrigación deben ser compatibles y de alta solubilidad.

Tenga en cuenta que no hay restricciones por ejemplo para las mezclas de fertilizantes de calcio con otros fertilizantes libres de fosfatos e de sulfatos, como Urea, KCl, nitrato de potasio, nitrato de amonio, nitrato de magnesio, otros.

12. ¿Es mejor utilizar fertilizantes individuales o mezclas listas de NPK + Macros secundarios + Micros?

Las fórmulas listas de NPK siempre son más fáciles de utilizar debido a la dificultad de mano de obra para hacer las mezclas en las fincas. Utilizar algunas opciones de formulaciones y elegir diferentes proporciones es siempre la forma mejor y más práctica de hacer fertirrigaciones, mientras que siempre si puede usar algunos complementos en el tanque con algunos abonos individuales para añadir a cualquier ajuste de nutrientes necesario como refuerzo, incluyendo macros, excepto calcio incompatible con fosfatos y sulfatos. Es bueno tener la opción de proporcionar aplicaciones individuales añadiendo micros en el tanque con los otros fertilizantes y preferentemente quelado para los cationes y sales de aniones. Zn, Mn

66



y Cu pueden ser como EDTA. Utilizar EDTA para Fe solamente si el agua de riego tiene $\text{pH} < 6,5$ porque el quelato de EDTA exclusivo para Fe descompone con pH alcalino > 7 , pero no para otros cationes. Con el pH alcalino debemos evitar Fe-EDTA y dar preferencia a otros agentes quelantes que son más tolerantes a medios alcalinos como DTPA, EDDHA e HBED e este último es nuevo en el mercado y muy estable para Hierro en pH alcalino. HBED es un producto exclusivo desarrollado por ADOB de Polonia.

La tendencia es que las formulaciones NPK pasen a tener precios más competitivos debido a la creciente competencia en los últimos años, evitando los altos valores de otros tiempos cuando había pocos fabricantes en este mercado.

Fórmulas NPK deben tener preferiblemente bajo fósforo ya que este nutriente se desperdicia por su baja eficacia fácilmente es inmovilizada en las arcillas. No hay ventaja en la aplicación de altas dosis de fósforo. P soluble es también siempre una materia prima costosa en las fórmulas. Algunos ejemplos de baja P en formulaciones de NPK hidrosoluble y ciertamente más barato en el mercado: 16-02-36; 32-02-16; 24-04-24; 06-06-46; 16-08-32; 09-09-39, etc. Por el contrario, si usted utiliza fórmulas ricas en P, obligará a los agricultores a utilizar más de una fórmula en las fertigaciones porque las plantas siempre exigen más cantidad para N y K porque sus demandas son más grandes que P. Así que usar fórmulas NPK ricas en P, causará más gastos, más trabajos y menos eficiencia.

Otra tendencia es que empresas de fertilizantes y mezcladores de NPK ofrecen muchas opciones de aditivos y micros quelatos. Los aditivos pueden ser de diferentes fuentes dentro del grupo de bioestimulantes rico en ácidos orgánicos, húmicos y ácidos fúlvicos, aminoácidos, reguladores de crecimiento, extractos de algas, antioxidantes, tamponantes, otros... Por lo tanto, fertilizantes hidrosolubles serían



vehículos para suministrar una gama amplia de diversos productos útiles para su aplicación vía fertirriego y algunos también vía foliar.

13. ¿Restricciones en las fertigaciones comparando pivotes centrales contra goteros?



Realmente el riego por goteo e micro aspersión toman ventajas de manejo más fácil por tener aplicaciones homogéneas. El área irrigada recibe dosis similares para cada planta y al mismo tiempo. Ya el pivote central para hacer una circunferencia completa en un área toma varias horas y las variaciones de la evapotranspiración tienen pérdida de homogeneidad. Sin embargo, los pivotes también evolucionaron con el modelo de uso de lepa tratando de ser una aplicación más restringida sin mojar las hojas con aplicación próxima de la superficie del suelo pasando a lo largo de las hileras, que es ya una gran mejoría. Cuando se comparan pivotes contra la agricultura extensiva de secano, tenemos inmensas ventajas para los pivotes que son imbatibles para irrigación de cereales mojando la superficie total. Entretanto, para plantas perennes como café, cítricos, y fruticultura en general, y también la horticultura, el riego localizado por gotero y por micro aspersión, son mucho más eficientes en el uso de agua y si es para comparar con la facilidad de hacer las fertigaciones, sin duda son más eficientes. La gran ventaja del riego localizado es en la flexibilidad de la gestión de fertigaciones que son mucho más fáciles y prácticos manejar comparado a los pivotes.

Goteo puede activarse brevemente durante las lluvias para proporcionar fertilizantes, pero sería imposible con pivotes.

Debemos evitar sólo comparar estos dos sistemas de riego como si fueran convenientes para todos los casos. Si utilizamos pivotes para riego de cultivos extensivos como cereales, granos y algodón. Lo que tenemos en común es que son cultivos de ciclo corto y los agricultores normalmente cultivan en áreas grandes y tradicionalmente de secano. Si, el valor de mercado de estos productos agrícolas es atractivos, se puede decidir por plantarlas basada en evaluaciones y tendencias del mercado. Aquí el pivote tiene más aceptación que el goteo. En el caso



de la horticultura, incluso si tienes un ciclo corto, sino que cada área tiene un valor de la producción más cara de que granos, cereales y algodón, está claro que un equipo de riego más eficiente, permite mejor manejo de las fertigaciones y puede contribuir más a la productividad y rendimiento. Ya en cultivos perennes como frutales y café, goteo lleva gran ventaja. El mismo en relación con la topografía.

14. ¿Cloruros son perjudiciales vía fertigación? ¿Qué nivel hay de tolerancia para Cl?

Los cloruros son fuentes muy baratas de fertilizantes como KCl y CaCl₂, entre otros y las necesidades de las plantas para Cloruros son de nivel de micronutriente. Hay, por otro lado, un nivel de tolerancia para la presencia de Cloruros que pueden ser medidos con el kit rápido de titulación e identificado para direccionar las decisiones de las dosis a utilizar con Cloruros. Mayoría de las hortalizas pueden tolerar entre 200 a 300 ppm de Cl, para el cultivo de frutas, que las tolerancias son más grandes, quedan alrededor de 400 ppm. Son niveles manejables en la solución del suelo, sacando muestras con regularidad para evitar excesos y elegir otras fuentes de K y Ca, cuando la presencia de cloruros en solución del suelo sea arriba de la tolerancia.

Cloruros se lavan para las profundidades del suelo fácilmente por un buen riego o después de lluvias, liberando la zona de las raíces de los excesos, además que tenga el suelo un buen drenaje. Sin embargo, en suelos compactados y con problemas de drenaje, los Cloruros pueden subir para los horizontes superiores del suelo por capilaridad, así como otras sales también pueden ser perjudiciales para las raíces.



Recordar que el peso molecular del Cl es 35 y es monovalentes, así que divide por 1 que tenemos el equivalente de cloruro igual a su peso molecular de y consideramos que 35 ppm en solución del suelo tiene el poder de salinizar en la $CE = 0,1 \text{ mS/cm}$. Así que para el doble que son 70 ppm de Cloruros tiene una $CE = 0,2 \text{ mS/cm}$. Es proporcional para cada Equivalente de cualquier ion tiene su contribución en la salinidad medida por la $CE = 0,1 \text{ mS/cm}$. Lo más importante es que los Cloruros totales en la solución del suelo nunca superen el 30% ($\sim 1/3$) de la CE y para las frutas y los granos en general hasta un 40% de la CE que son niveles de tolerancia razonables, evitando el 8 o 80, todo o nada. Siempre tenemos tolerancias para manejar sin prejuicio para los cultivos, desde que con el simple monitoreo usando el kit de titulación para Cloruros e el conductivímetro. Cero de cloruros en solución del suelo no es la mejor opción económica, mientras que la tolerancia de estos cultivos a estos fertilizantes más baratos con cloruros es aceptable con el manejo agronómico que es la base de la nutrición de las plantas en la fisiología vegetal con las mejores respuestas en desarrollo, productividad y la mejor relación costo-beneficio. Ejemplo: una hortaliza con CE total $1,5 \text{ mS/cm}$, hasta el número de 5 equivalentes ($\sim 175 \text{ ppm}$) de cloruros están dentro de tolerancia. Si la CE está a $2,5 \text{ mS/cm}$, podemos llegar sin problemas hasta 8 equivalente ($\sim 280 \text{ ppm}$). La parte más difícil es estimar las dosis sin medida de CE y sin medida de los Cloruros con los kits rápidos. Sería una plática de adivinar las dosis y fáciles errores de manejo. Tenemos la herramienta fácil para ajustar las dosis con seguridad y respetando la fisiología de las plantas.



15. ¿Qué es el índice salino que se declaran en las bolsas de fertilizantes?

La expresión índice salino fue algo utilizada entre los años 40 y 60 del siglo 20, para comparar la salinidad contra un estándar de, nitrato de sodio, que fue elegido para ser el índice 100. Cualquier sal disuelta en agua en la misma concentración se comparó con el estándar en la capacidad de su presión osmótica. Pero sin considerar dosis aplicadas en el campo, es un dato solamente químico y sin importancia para agricultura irrigada.

Con la evolución de fertilizantes solubles de los años 60, el uso de índice salino había perdido función práctica porque es un valor absoluto y no representa el riesgo de salinidad de los cultivos porque depende de las dosis. Interpretar así la salinidad se convirtió en la más importante consideración para las concentraciones disueltas en agua y mucho mejor expresado por la conductividad eléctrica (CE).

El uso de fertilizantes con bajo contenido sal en grandes cantidades por volumen de irrigación proporcionará sin duda alta salinidad medida por alta CE y el uso de solución salina individualmente para clasificar el riesgo de salinidad no es suficiente y sería necesario identificar la contribución de la concentración de sales (fertilizantes) en la solución del suelo. Para los cultivos de secano el riesgo de salinidad depende de la solubilidad del fertilizante en forma convencional, de las cantidades de lluvia que ayudará a disolver estos fertilizantes y así medir la CE que se forma en la solución del suelo. A diferencia en cultivos de regadío está en manejar las dosis de la inyección de varios fertilizantes hidrosolubles vía fertigación con fácil control de la CE por la cantidad de fertilizantes aplicados en el ritmo que es reducido al mínimo el riesgo de salinizar el suelo y afectar el rendimiento de los cultivos.



En Brasil la curiosidad es que fue adoptada hace unos años una nueva metodología para definición del índice salino que también no tiene ningún propósito práctico de uso. Es una adaptación de medida de la CE de fertilizante a una dosis de 10 g/L y la CE de nitrato de sodio en la misma concentración. Entonces divide el valor de CE del primero por el segundo y el resultado se multiplica por 100. Este es el nuevo índice salino sugerido que no se adopta en el mundo, pero la legislación brasileña la adoptó y requiere que está información en las bolsas de fertilizantes. No tiene ningún propósito práctico para los agricultores. No utilizan esa información para cualquier cosa. Otro requisito burocrático innecesario.

Las informaciones útiles que deben aparecer en las bolsas de los fertilizantes hidrosolubles son las garantías de contenido de nutrientes, el pH, EC y solubilidad. Todas las informaciones adicionales son sin utilidad para los agricultores y sólo hace que el aumento de costo de las empresas de fertilizantes con más burocracia y confunde a los agricultores que no saben para qué sirven esas informaciones, incluyendo el índice salino.

**16. ¿Cuál importancia es el grado de precisión de los kits rápidos de cinta colorimétrica, de titulación o de turbidez?
¿Necesitamos testes con más exactitud en sus escalas?**

Estos kits rápidos son muy útiles incluso con valores aproximados que son los suficientes datos para dar una dirección de dosis vía fertigración para el nivel de los agricultores. El gran objetivo es obtener una indicación del nivel de nutrientes en una secuencia de dos muestras para identificar el DELTA (Δ) y por lo tanto las pérdidas o las tendencias



de la acumulación. También para medir las tendencias de la salinidad y el pH en las secuencias de las muestras probadas.

Una buena analogía podría ser una persona que hace dieta, subirse a la báscula al principio identifica que pesaba 100 kg. Después de 15 días de la dieta, subió en la misma báscula y vio el nuevo peso 98 kg, por lo tanto, el DELTA (Δ) es 2 kg. Esta información sobre el Δ es oro. Entonces identificó que el aparato no estaba bien regulado y que el peso inicial correcto sería 105 kg y después de 15 días de dieta el peso iría a 103 kg. Tenga en cuenta que el Δ permaneció en 2 kg, lo que indica la información más importante de la dieta es el Δ .

Kits rápidos de son suficientes para identificar las tendencias y el Δ siempre entre la muestra anterior y la colección actual analizada. Si nosotros identificamos, por ejemplo, 150 ppm de nitratos ahora mientras que en la colección anterior era de 200 ppm, sabemos que el Δ indica que perdimos 50 ppm de nitratos. Si la precisión en lugar de 50 ppm es un poco más o un poco menos, que no es pertinente con el propósito de este monitoreo que solo quieren identificar las tendencias. Considerando que 1 equivalente de nitrato (NO_3^-) es de 62 ppm ($\text{N} = 14$; O_3 es de $16 \times 3 = 48$; de la suma $14 + 48 = 62$) que es el peso molecular NO_3^- y como anión monovalente hace el equivalente es igual al peso de 62 ppm expresada en Equivalente que contribuye a la salinidad total CE con 0,1 mS/cm, y esto significa que pequeñas variaciones en la cantidad de macronutrientes están sin importancia como valor absoluto. Si la contribución de nitratos fuera de 4 Equivalentes serían $4 \times 62 = 248$ ppm y la contribución para la CE total de 0,4 mS/cm. en este caso la exactitud de la prueba es secundaria y puede aceptar variaciones de aproximadamente la medio Equivalente a las interpretaciones de este equipo de prueba.

Es común a través de este monitoreo con kits rápidos nos encontramos con algunas sorpresas en su gran mayoría son exceso de fertilización



con altos niveles de nutrientes muy por encima de lo deseado porque muchos agricultores proporcionan más nutrientes sin tener en cuenta estas medidas y provocan desperdicios de dinero, así como salinización por excesos de fertilizantes que inhiben el mejor desarrollo de las plantas.

El uso de pruebas de laboratorio más precisos es innecesario para nuestro objetivo del manejo y gestión de fertigación, pero son útiles para investigadores que deseen publicar artículos científicos, y debemos considerar que el costo de las pruebas más sofisticadas es costoso, desperdiciadores de tiempo y más elaborados. En contrapartida, se desea en el campo para el día a día de los agricultores, pruebas sencillas y rápidas para ayudar a decidir el manejo de las próximas fertigaciones.

El objetivo principal del agricultor que tiene sistema de riego es errar menos. No se tiene la ambición de en una plática de tiro al blanco de golpear el tiro en el centro, pero no pierda la marca con golpes para todas las direcciones. Por supuesto todo en gestión de fertigación es una evolución. Después de unos ajustes en los niveles de cada nutriente y la salinidad (CE), también ajustes para ajustar el rango de pH adecuado, siempre queremos optimizar y mejorar y este vendrá naturalmente con el tiempo. Agronomía en cultivos intensivos traerá grandes avances y la fertigación será más profesional.

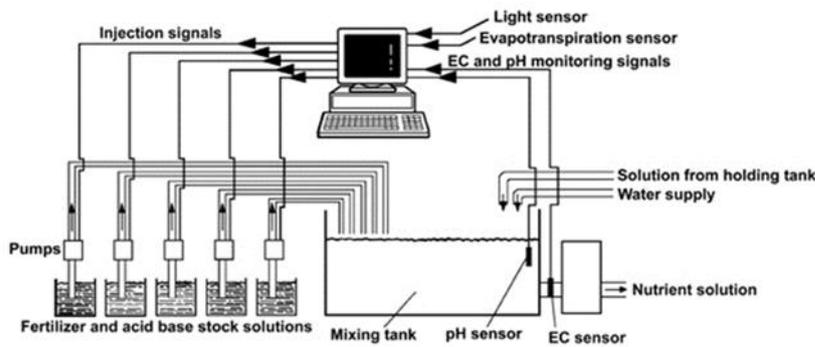


17. Entre los micronutrientes solamente hay kits rápidos para Hierro e Cobre. ¿Por qué no hay kits también para los otros micronutrientes?

Hay pocos fabricantes de kits que están dedicados a los micronutrientes. Los kits para hierro y cobre son nuevos en el mercado de kits rápidos con excelentes escalas para el propósito de uso agrícola. Para otros kits de cintas colorimétricas o de titulación, sus escalas son muy grandes y amplias, mientras que los valores que necesitamos en general son muy bajos en que entre 5 hasta 30 ppm serían suficientes. Todavía no tenemos kits para manganeso, zinc, boro molibdeno, cobalto y níquel. Sin embargo, esperamos pronto algunas novedades en el sector para hacer fácilmente algunos ajustes en las dosis de micronutrientes vía fertigación.

18. ¿El uso de softwares y aplicaciones que automatizan riego y agregar sensores de pH y CE para definir tipos y dosis de fertilizante a aplicar por fertigación son eficientes? ¿Funcionan bien? ¿Podemos mantenernos tranquilos y confiados que estos automatismos harán la correcta gestión de la fertigación?





El impulso para tratar todos los problemas del día a día con facilidades de la informática a través de aplicaciones y softwares atraen los jóvenes para resolver de todo con automatización. Cabe destacar la herramienta que trabaja con lógica matemática está restringida a una secuencia de preguntas que sólo admiten dos respuestas: sí o no.



Primera premisa: "Biología no es matemática".

Dividimos la fertigación en dos etapas: la fase matemática y la fase biológica.

Etapas matemáticas lo es también la fase hidráulica, es decir, la captación, bombeo y transporte de agua que se pasa dentro del tubo y termina en la salida del emisor de riego cómo gotero o micro aspersor, otros... En esta etapa si tenemos la posibilidad de controlar matemáticamente los distintos componentes que pueden ser manipulados como abrir o cerrar una válvula de riego, como para inyectar dosis de fertilizantes, si vas a inyectar una solución más alcalina o más ácida, más o menos salina, con más de los nutrientes, A, B o C, actuar por tiempo o por volumen, responder a sensores de temperatura o humedad, otros... Muchas de estas instalaciones son una ilusión que el manejo agronómico "estaría restringida a la fase matemática y así pasar las interpretaciones técnicas para un software que no son matemáticas.

La fase biológica comienza con la salida de la solución de irrigación/fertigación de los emisores e infiltrarse en el suelo/sustrato. Ahora no tenemos respuestas de tipo sí o no. La mezcla de factores es muy compleja y heterogénea multifactorial con interacción dinámica con el medio ambiente, microbiología, otros participantes de la biología, sistemas de raíces distintos, fases fenológicas de los cultivos, diferentes suelos, capacidad de retención de agua y nutrientes, aplicación de fertilización de base directo al suelo versus cobertura complementaria, influyen en el pH, solubilidad, salinidad (CE), variaciones en el horizonte más superficial del suelo versus capas más profundas del suelo, estación de lluvias heterogénea y una muy amplia gama de estreses bióticos y abióticos que forman un ecosistema dinámico en que el papel del agrónomo es interpretar y asumir la responsabilidad de gestión de la fertigación manipulando el manejo a



través de pequeños y frecuentes ajustes respetando la fisiología de la planta para proporcionar las condiciones óptimas para obtención el mejor beneficio/costo para superar los factores limitantes primero hídrico y después nutricional para que las plantas hagan la fotosíntesis máxima que podría alcanzar con el manejo agronómico. ¿Cómo manejar a las diferentes incógnitas utilizando respuestas binarias simples tipo sí o no en base a algoritmos? El nivel actual de la tecnología no es adecuado para esta tarea y tal vez nunca será para una automatización completa. Son maravillosas las diferencias en los campos donde cada planta es única dentro de una población, mientras intento de métodos estadísticos para obtener datos de uniformidad o por lo menos conseguir presentar los promedios para llevar al mundo de las matemáticas que nunca será homogéneo.

Segunda premisa: "La agronomía es una intervención en la naturaleza".

Tercera premisa: "Estadística utilizado en la fase biológica teniendo en cuenta las variaciones promedio es peligrosa".

Matemática, física y química aplicadas en biología pierde la proporcionalidad. Estadísticas sobre la agronomía son un intento de razonamiento lógico por muestras de tema biológico, pero la belleza de la fisiología es la diversidad. Es el tratamiento de las individualidades x las poblaciones. En agricultura hay muchas variables y las interacciones para evaluar, mientras que para realizar las fertigaciones con las variables para cada situación que requieren aplicaciones con algoritmos complejos y sofisticados, pero no hay posibilidad de lograr estas tareas con éxito y precisión, aunque por lo que contamos con un amplio margen de error a tolerar.



Cuarta premisa: "Software y aplicaciones a la fase biológica llegará un día en el futuro, quizá cuando programadores de informática estudiando profundamente la fisiología y todas las interacciones con la naturaleza y el día que una máquina pueda entender las palabras manejo y *gestión*".

Resumen: Uso de sensores de humedad, pH y CE para el software decidir el manejo de fertirriego es una fuente de errores por negligencia. Sería bueno si la automatización podría considerar que esos factores con muchas interacciones que se producen en el suelo donde las raíces y todos los factores de la biología reaccionan de manera diferente con tantas variables.

Como la irrigación de un terreno con topografía irregular, posibles áreas de suelos con diferentes texturas y capacidad de retención de agua, con la dispersión de microorganismos benéficos y patógenos, nematodos, insectos, distribución y disponibilidad de nutrientes vía fertilizantes convencionales y cobertura es una práctica común en la vía fertigación hidrosoluble son solo complementos. ¿Hay otros argumentos como si el riego será siempre con fertigación o si las fertigaciones serían sólo de vez en cuando?

La automatización es una herramienta que en riego y fertigación debe caer en manos de profesionales que son capaces de ajustar las dosis, elegir los fertilizantes apropiados para manejar según interpretaciones agronómicas. El llamado "piloto automático" es peligrosamente propenso a fuertes limitaciones para hacer frente a la biología como se fuera matemática.



19. ¿Los proyectos de riego en el mundo evolucionaron mucho desde los años 80, mientras que cursos de Agronomía y técnicos agrícolas se estancaron en la formación profesional para manejar cultivos irrigados con un currículo obsoleto, aún frente a la agricultura de secano típico? ¿Cómo modernizar para satisfacer la creciente demanda de este tipo de profesional con el cuello de botella educativo?

El mercado ha regulado estas nuevas demandas en muchos sectores del conocimiento humano, pero observó una fuerte inercia en el sector agrícola. A mediados del siglo 20, la formación de agrónomos era bastante para formar un "generalista" para ser un gerente o supervisor de las fincas, con amplio conocimiento muchos temas para tener un poco de todo para arreglar problemas generales. Temas como construcciones rurales, ganado, cultivos agrícolas, mecanización, plagas y enfermedades, administración, etc. Hoy, sin embargo, trabajamos en agro negocios y necesitamos a expertos. Educación para la agricultura irrigada necesita una actualización urgente porque está creciendo el mercado de riego y la escasez de profesionales cualificados es inmensa. Asociaciones agronómicas, universidades, empresas de riego, fertilizante y semillas deben participar en este debate y contribuir a los cambios.



20. ¿Cuántas estaciones de Chupa-Tubos distribuir en una finca? ¿Qué tamaño de área una estación de Chupa-Tubos cubre?

El mejor criterio es de homogeneidad, según el tipo de suelo, especialmente la textura, cuantas son las especies cultivadas, cuantas variedades cultivadas. La edad de los cultivos y, por último, la topografía.

Ejemplo de zona homogénea: área con 100 o 200 hectáreas en un tipo de suelo de textura media cultivada con plátano y toda la zona con sólo la variedad de plata, de la misma edad y con topografía plana. Cuenta que todo es homogéneo incluso en un área de 100 o 200 hectáreas y técnicamente, sólo sería necesaria una estación de chupa-tubos.

Otro ejemplo sería con algunas variables: área de 200 hectáreas con mango siendo 150 hectáreas en suelo de arcilla y 50 hectáreas de suelo arenoso. Aquí se necesitan estaciones de chupa-tubos separadas. Además, cada 20 hectáreas son plantaciones con diferencia de 1 año de edad porque el agricultor había plantado 20 hectáreas nuevas por año durante 10 años, así que tenemos la situación muy heterogenea de diferentes edades con plantas maduras y plantas más jóvenes. Podemos decir que en 200 hectáreas tiene 100 hectáreas con la variedad Tommy Atkins, variedad Haden 60 hectáreas y otras 40 hectáreas con la variedad Palmer. Tenemos 80% de la zona con topografía plana 20 con pendientes de hasta un 15%. Tenga en cuenta que las variables son bien heterogéneas y tienen que elegir algunos lugares que son representativos de situaciones dominantes porque no vale la pena difundir en el campo varias de las estaciones de chupa-tubos, pero unos que son representativas de situaciones dominantes. Cada uno debe evaluar su situación con sensatez y elegir el número de estaciones de chupa-tubos.



21. ¿Cómo tratar a los extractores de solución del suelo (ESS) en suelos con texturas extremas, o muy arcillosa o muy arenosa?

En suelos muy arenosos, el momento de activar el vacío en la succión de los chupa-tubos es muy importante porque sólo seremos capaces de hacer vacío en el suelo mojado y esto es más fácil al final de la irrigación y hasta 1 hora después de finalizar el riego. Después de que el suelo se seca, no se puede hacer el vacío y tenemos que esperar el próximo riego para intentarlo de nuevo.

En suelos arcillosos, puede ocurrir que la cerámica porosa en la punta de los chupa-tubos puede ser sellado por las partículas de arcilla y mismo con vacío, no puede aspirar la solución del suelo. Suelos muy pesados en este caso, recomendamos abrir un agujero en el suelo y la parte inferior del agujero más grande se llenan de arena gruesa en profundidad que tendrá contacto con la cerámica para evitar cierre cerámico de arcilla fina y arena es un material inerte que no influirá en las lecturas de las pruebas. Luego llene el resto del hoyo con el suelo normal. En suelos pesados, se recomienda activar el vacío en un día y hacer la colección de la solución de suelo al día siguiente porque la succión es lenta en los suelos con alto contenido de arcilla. Cómo estamos aprendiendo a manejar el equipo sobre una base caso por caso por las peculiaridades de cada tipo de suelo porque algunos de ellos pueden tener dificultades para conseguir un buen vacío o aspirar la muestra a través de la cerámica porosa. Estas dificultades desaparecen en suelos de textura media y estos suelos son dominantes.



22. ¿Cómo manejar vía fertigación el BRIX o la formación de azúcares en las frutas en general o en la caña de azúcar o tomate para industria o tomates cereza basada en la CE y los nutrientes que participan en el metabolismo de formación de los azúcares?

En la bioquímica de la formación de azúcares tienen muy claro que las plantas tienen un pico de absorción de fósforo unas semanas antes de empezar a madurar, porque las plantas necesitan acumular moléculas de ATP con la energía de reserva para que durante la maduración esta energía va a romper las moléculas grandes de polisacáridos que tienen cadena larga para formar principalmente sacarosa, glucosa y fructosa, además que les dará a los frutos el sabor dulce. Luego viene el potasio, el cual es un elemento móvil en las plantas sin ser parte de las estructuras celulares, pero más bien como regulador osmótico y principalmente en la activación de más de 60 enzimas en el metabolismo de las plantas, con cerca de 40 de estas enzimas se activan durante la maduración, con influencia directa en la formación de azúcares en el final del ciclo de cultivo. En menor medida los micros, Fe, Zn y Mn son también activadores en la maduración de algunas enzimas. Magnesio y nitrógeno en pequeña escala tienen gran importancia en el mantenimiento de la clorofila antes de senescencia para metabolitos de la fotosíntesis en la formación de azúcares y las reservas para comenzar a madurar. Aplicaciones de la fórmula con nutrientes ricos en P, K, Mn, Fe, Zn y Mg mediante fertigación y foliar ayudará a formar azúcares cuando se aplican antes de iniciar la fase de maduración y será útil para elevar el BRIX en plantas con potencial para acumular azúcares.

Vamos a ver ahora cómo influyen el Briz controlando la CE vía fertigación. ¡Es casi una paradoja cuando aumentando la salinidad en

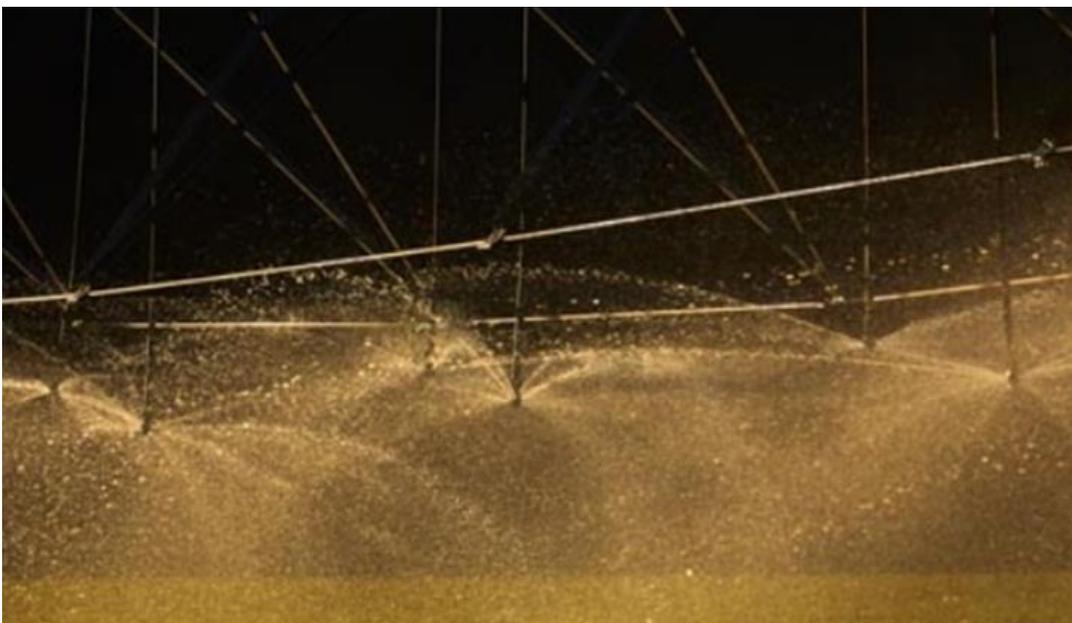
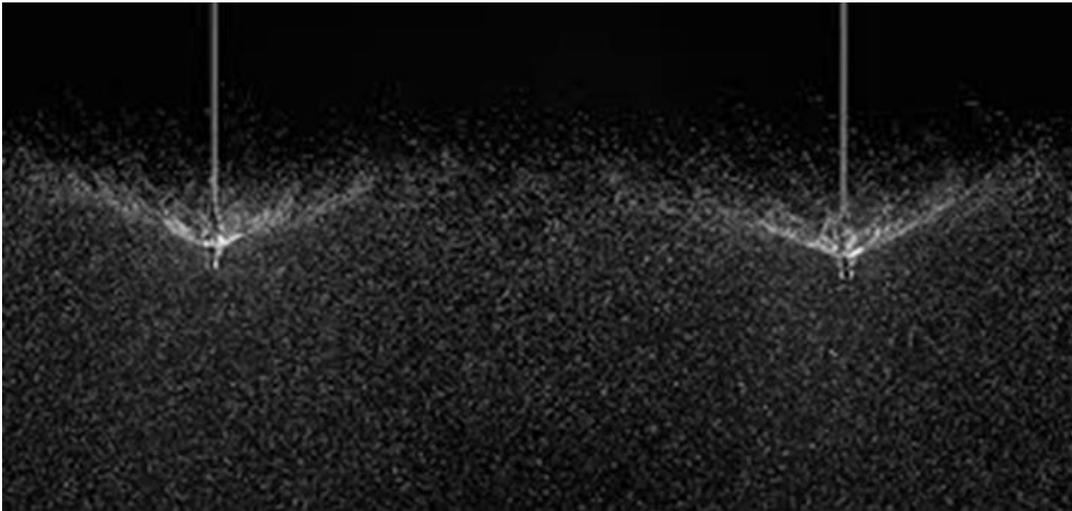


el suelo se logra aumentar el dulzor en la fruta! Sí es correcto. Sabemos que después del desarrollo de la planta y frutas ha alcanzado el nivel deseado de tamaño y peso, solamente esperando la maduración para la cosecha. De esta fase queremos obstaculizar la fácil absorción de agua por las raíces y los solutos sean cada vez más ricos en potasio y especialmente al final del ciclo. Cada unidad de CE provoca una tensión (presión negativa) contraria a las raíces de la orden de -0,3 ATM y es proporcional, así $CE = 2 \text{ mS/cm}$ crea una tensión de -0,6 ATM. CE con los niveles por debajo de 3 mS/cm favorece la absorción de agua y por supuesto con poco soluto, la fruta es más acuosa y el Brix se cae. La salinidad debe seguir creciendo en las últimas semanas de cultivo para tener la CE siempre sobre 3 mS/cm y puede superar 4 mS/cm deliberadamente salinizando la solución del suelo durante el período de maduración y dificultando la absorción de agua por las raíces y así consigue más ruidosamente mejorar el Brix. En fases anteriores cuando la planta y los frutos están todavía en desarrollo, la CE debe permanecer suave entre 1.5 a 2.5 mS/cm para evitar la inhibición en la absorción de agua que es muy importante para asegurar alta productividad. Por otro lado, el mantenimiento de CE inferior a $1,5 \text{ mS/cm}$ sin duda hará que la planta es subalimentada con insuficiente aporte de nutrientes para el desarrollo máximo deseado. Es un juego de manipulación de la salinidad a través de fertirrigaciones para mejorar el Brix.

Paralelamente se produce el suministro a través de algunos nutrientes foliares que siempre participan en el metabolismo bioquímico de azúcares que pueden servir como un sustituto para la agricultura de secano que no tienen la posibilidad de suministrar vía fertirriego, y estos nutrientes esenciales se pulverizan fácilmente con P, K, Zn, Fe, Mn y Mg para evitar nutrientes limitantes anteriores fases y durante la maduración.



23. ¿Durante la noche para tomar ventaja de precios de energía más barata para irrigación, tiene alguna ventaja agronómica? ¿Cómo es la absorción de nutrientes por las raíces por la noche?



La absorción por las raíces se produce sólo cuando las plantas transpiran y ocurre generalmente cuando las estomas se abren y el intercambio con gas ocurre capturando CO₂ para la fotosíntesis. En suelos arcillosos con buena retención de agua, los riegos nocturnos son bienvenidos porque la siguiente mañana cuando abren las estomas y las plantas transpiran habrá absorción de solución del suelo por las raíces.

En suelos arenosos, sin embargo, puede fácilmente ocurrir por percolación, la pérdida de la mayor parte del agua aplicada al riego nocturno y cuando el sol matinal actuar, tendrá poco agua retenida y disponible en el suelo durante el día. La gestión de riego correcta para suelos arenosos es dividir el tiempo de riegos pequeños y frecuentes durante todo el día, evitando riegos largos y riego por la noche.

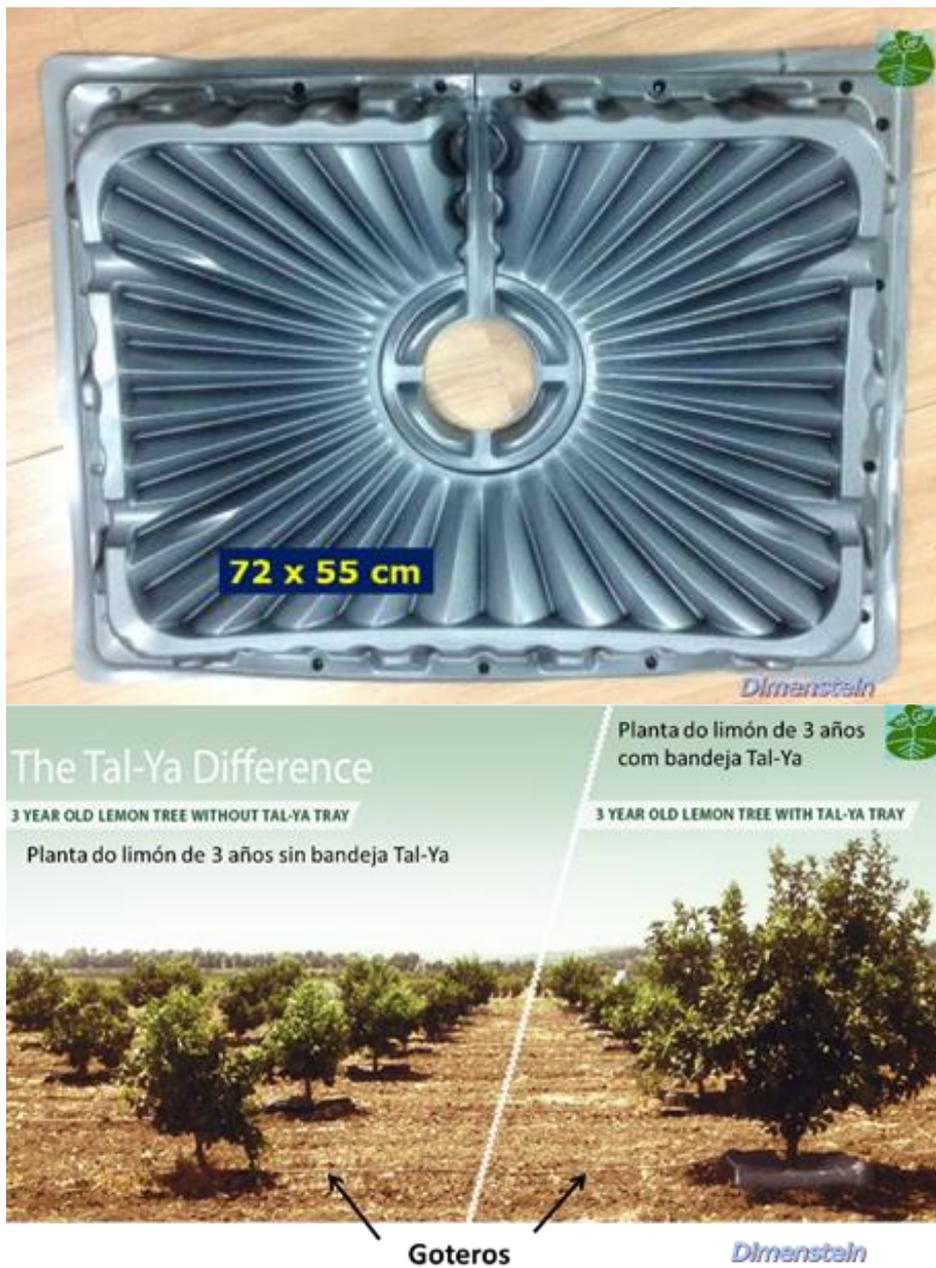
Para suelos arenosos hay algunos nuevos desarrollos agronómicos y uno de ellos es adicionar y mezclar en el suelo un polímero especial que tienen capacidad de expandirse y proporcionar alta retención de agua y algunos de ellos pueden absorber entre 300x hasta 500x su propio peso en agua. Por lo tanto, 10g de estos polímeros podría sostener entre 3 hasta 5 litros de agua y evitar la evaporación rápida o percolación profunda, mientras que este volumen retenido por los polímeros, estarán disponible para la absorción de las raíces. Estos polímeros son derivados del almidón o de la celulosa y pueden rehidratarse después de nuevo riego o lluvia. La idea es difundir e incorporar estos polímeros en el suelo para permitir que el agua se mantuviera a lo largo de las raíces por más tiempo y evitar el secado rápido que es común en climas cálidos y suelos de textura arenosos.

Otras prácticas agrícolas útiles para mantener más tiempo la humedad en el suelo son el uso de *mulching*. Son películas de plástico que se cubre el suelo y es muy popular para horticultura. Igual efecto para cobertura con otros materiales como paja para reducir la evaporación



libre y la incorporación de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo y textura, aunque en climas cálidos la materia orgánica se descompone en pocos meses.

Otro desarrollo muy interesante y revolucionario incluso en simplicidad e ingenio es el agua de la bandeja de goteo llamados con nombre de Tal-Ya que está patentado y original de Israel, muy sencillo de utilizar.



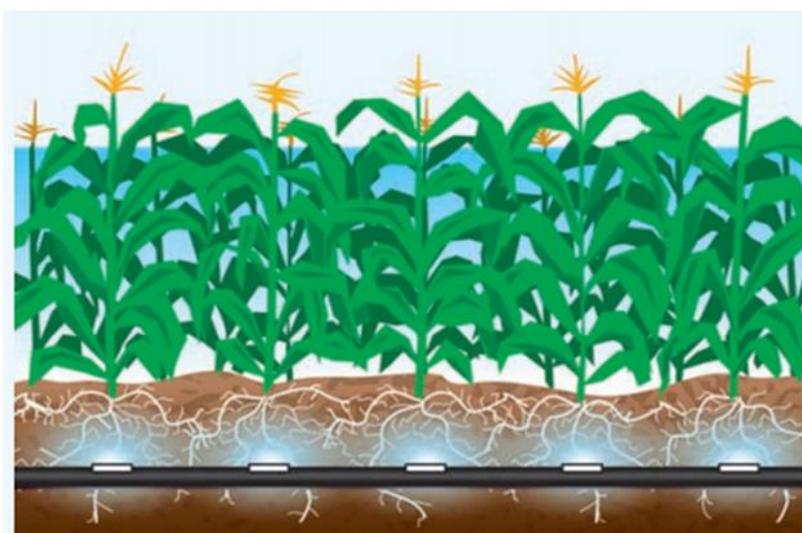
Hay varios tamaños y formatos de estas bandejas Tal-Ya y la idea es recoger el agua alrededor de la planta y evitar la evaporación. Puede ser la fuente de agua de riego, la lluvia y el rocío. El nombre de Tal-Ya en hebreo es Tal = rocío y Ya = Dios, así que "rocío de Dios". Es normal el rocío formarse en varias regiones durante la noche y por la mañana, si hay humedad y variación de la temperatura mayor que 8°C entre el día y la noche. Ejemplo de formación de temperatura de rocío del día es de 30°C y temperatura de la noche hasta al menos 22°C. Así que el delta (Δ) temperatura alcanzaría por lo menos 8°C de diferencia entre día y noche y si la humedad relativa del aire es suficiente razonable como para formar el rocío en la bandeja Tal-Ya o por goteo de las hojas de las plantas que la bandeja recogerá y desagüe para el centro de la bandeja. Esta captación de agua por su arquitectura con pliegues y pendientes y el agua se extenderá por debajo de la bandeja y protegerse de la pérdida por evaporación por la radiación del sol que no alcanzan el suelo que quedase húmedo. Las tres condiciones que las bandejas Tal-Ya promover son: mantener la humedad alrededor de las raíces, sombra y mantener las temperaturas suaves. Estas condiciones mejoran la eficiencia de absorción de las raíces. La temperatura debajo de las bandejas Tal-Ya en las regiones frías durante el invierno hace el efecto opuesto para las raíces a una temperatura más alta. Evita la necesidad de usar herbicidas manteniendo la área cubierta y libre de hierbas malas. Bajo de las bandejas hay condiciones extremadamente favorables con alta sinergia para la aplicación de la tecnología de fertilizantes protegidos o cubiertos con una capa de polímeros llamados de liberación lenta o controlada, que necesitan las 3 condiciones que hay debajo de las bandejas que son: humedad, temperaturas suaves y sombras.



24. Riego subsuperficial. ¿Cómo hacer manejo de la fertigación?

La textura del suelo es crítica para la profundidad y espaciamiento de los emisores en el caso de goteo enterrado que pueden ser entre 15 hasta 30 cm de profundidad. En suelos más arcillosos la solución se extiende y dispersa en todas direcciones por gravedad y capilaridad. En suelos arenosos la gravedad es dominante y tenemos que optar por el bajo caudal de los emisores y mayor frecuencia de riego, además de enterrar los tubos menos profundos porque la capilaridad tiene poca fuerza.

De allí con el riego bien calibrado y uniforme, el manejo de la fertigación es muy similar a la de la superficie. La eficacia de urea vía fertigación es alta porque no hay prácticamente pérdidas por volatilización. La economía de agua obtiene entre 20% - 30% comparado contra goteo superficial y también implica en ahorro de energía, además una mayor longevidad del equipo está protegida de la radiación solar, mientras que enterrado y otros desgastes e incluso ataques de la fauna de la región.



Subsurface drip irrigation (SDI)

Ilustración de riego por goteo subsuperficial enterrado

25. ¿Por qué la urea no tiene conductividad eléctrica?

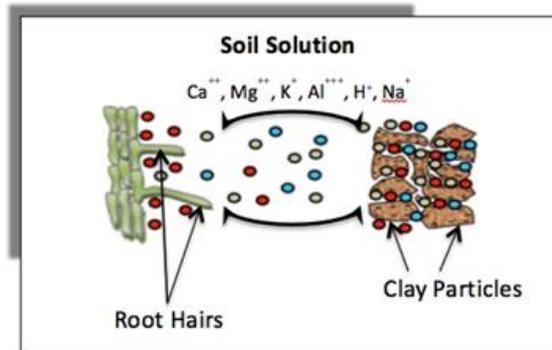
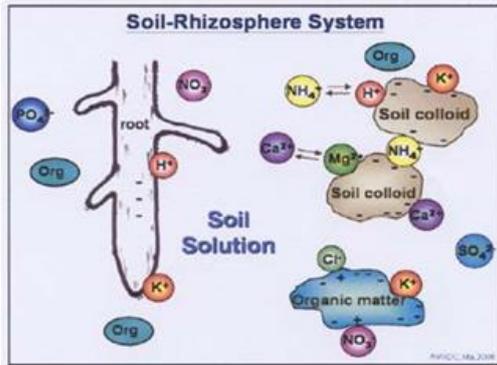


Granos de Urea y la fórmula química esquemática conteniendo 1 Carbono y 2 Aminas.

No es una sal, pero una molécula orgánica.

Observar la composición química de la Urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ que contiene 1 Carbono y así es una molécula orgánica y no una sal. Mientras que sal en la fase sólida es neutro y después se disuelven en agua liberando iones como cationes y aniones. Estos iones conducen electricidad en la solución. Urea no es una sal, por supuesto no forma iones en solución y así no tiene la característica de conducir la electricidad. La gran mayoría de los fertilizantes son sales inorgánicas (no carbono) y esa es la diferencia.

26. ¿Debemos tener en cuenta el aporte de iones que no son nutrientes en la CE, tales como bicarbonatos, sodio, aluminio, etc.?



Sistema suelo-rizosfera y la solución del suelo. Pelos de raíces y partículas de arcilla. Los coloides, los iones y la materia orgánica

Sí. La CE no identifica el origen de las sales. La CE a través del aparato conductímetro identifica solamente la salinidad total sin saber si proviene de fertilizantes, si viene naturalmente del suelo o agua. Considera la cantidad de sales totales.

27. ¿Las relaciones entre los 3 principales cationes K, Ca y Mg en solución del suelo dependen de la fase fenológica del cultivo?

Las etapas fenológicas son fundamentales para la mejor distribución de los 3 principales cationes en solución del suelo.

Vegetativo debe tener cerca de 50% Ca, 25% K y 25% Mg;



Floración debe ser alrededor del 40% Ca, 40% K y 20% Mg;

Relleno de frutas o granos cerca del 25% Ca, 60% K y 15% Mg;

Maduración debe ser aproximadamente el 10% Ca, 85% K y 5% Mg.

Aquí no se aplica la proporción de la agricultura tradicional de secano para Ca-Mg-K que calcio sería triple del magnesio y este el triple del potasio. La dinámica en la solución del suelo es otra y los criterios cambian totalmente.

28. ¿Cuál sería el nivel adecuado en ppm de calcio, potasio y magnesio para el cultivo de papa en etapa de relleno de los tubérculos? ¿Estos nutrientes estarían relacionados con la CE de la solución del suelo?

Esperamos que estos 3 cationes tengan aproximadamente su distribución en la solución del suelo de 25% Ca, 60% K y 15% Mg, en esta fase de relleno de los tubérculos. Si fuera por ejemplo el CE = 2 mS/cm, la distribución del 25% para el calcio proporcionando 0,5 mS/cm, que serían 5 Equivalentes de calcio y cómo cada uno Equivalente saliniza 0,1 mS/cm y 1 Equivalente es el peso molecular dividido por la valencia, así que calcio pesa 40 y es bivalente, dividiendo su peso por 2 tenemos el Equivalente = 20 ppm. El ideal para la contribución dese nutriente para llenar las papas es 100 ppm. Sin embargo, sí la CE fue menor con sólo 1,6 mS/cm, el ideal nivel para mantener calcio en 25% de la CE propuesta serían sólo 4 Equivalentes con $4 \times 20 \text{ ppm} = 80 \text{ ppm}$ de calcio en una EC de 1,6 mS/cm.



Para potasio (K), el Equivalente es igual a su propio peso molecular 39, por ser monovalente. Cada 39 ppm de K saliniza en la CE = 0,1 mS/cm. Para la fase de llenado de los tubérculos sería conveniente tener 60% de K en la composición de la CE entre los cationes y si la CE = 2 mS/cm el 60% sería 1,2 mS/cm con valor de 12 Equivalentes y cada equivalente vale 39 ppm obteniendo la concentración de $12 \times 39 = 468$ ppm de K, si la CE reduce a 1,6 mS/cm como ejemplo arriba y mantenga el aporte de K en el 60% de la CE serian 9,6 Equivalentes de K e así $9,6 \text{ Eq} \times 39 \text{ ppm} = 374$ ppm de K, siempre conservando la proporción de cationes en la solución del suelo en ese momento de la fenología de la papa.

El cálculo para el magnesio. Peso molecular es 24 e es bivalente. dividiendo por 2, tendremos 12 ppm por 1 Equivalente de Mg y para la contribución de 15% de Mg en la CE, si la CE es = 2 mS/cm, son 3 Equivalentes que serían aportados contribuye con 0,3 mS/cm en la salinidad total y en ppm tenemos $12 \text{ ppm} \times 3 \text{ Eq} = 36$ ppm de Mg. Mismo con variaciones de la CE, pero manteniendo la proporción de los cationes para esta fase fenológica y mantenemos la contribución de 15% de Mg en la CE de la solución del suelo tenemos una excelente distribución de cationes en etapa de llenado los tubérculos de papa.

Observar que es un juego dinámico de los ajustes de la dosis mediante la manipulación de las proporciones según las etapas de desarrollo de los cultivos y simple medidas de CE en solución del suelo para las distribuciones de iones nutrientes apropiadas en materia de armonización de exigencias y ablandamiento de competiciones para minimizar el antagonismo entre los nutrientes. El objetivo principal errar menos e identificar los niveles de nutrientes y sus contribuciones en la solución del suelo total medidos por la CE, hacer los ajustes vía fertigación para intentar conseguir en qué etapa deseada proporción compatible de los nutrientes y mantener la salinidad total que



permanecen dentro del rango de tolerancia para mitigar posibles tensiones. Así como la CE y cada nutriente, pH es otro factor importante a ser manipulado según fertilizantes para elegir y aplicar vía fertigación.

Vale la pena recordar que la CE x 10 = el número de Equivalentes de cationes y un número igual de aniones. Ejemplo para CE = 2 mS/cm tenemos 20 Equivalentes de cationes y otras 20 Equivalentes de aniones. 40 Equivalentes en el total de iones, siempre 50-50 entre cationes y aniones.

29. ¿Fertigación con déficit hídrico en proyectos de riego planeados para solamente proporcionar irrigación de salvación, que es insuficiente para la demanda hídrica del cultivo. ¿Qué sucede con el manejo con irrigación con menos agua de que sería lo ideal?

Llaman a muchos proyectos de riego para riego de salvación sólo para servir como paliativo y minimizar el estrés hídrico durante los períodos de sequía. En este caso, el riego no tendría la ambición para proporcionar el riego completo de la demanda del cultivo. Las fertigaciones pueden ser sin embargo la gran ventaja de proporcionar incluso en riego de volúmenes más pequeños los nutrientes necesarios al cultivo y por lo menos asegurar una nutrición adecuada durante los meses en que se activan el riego. El costo del equipo de riego para suministrar volúmenes bajos es más barato, así como el uso de energía para el sistema, pero ideal para una productividad máxima y la mejor relación costo/beneficio sería con riego completo.



30. La llamada nueva teoría del **"Doble Relatividad"** para fertigación. ¿Qué sería esa teoría?



En primer lugar, una muy especial gracias a Einstein por su enfoque original y primera de la relatividad que sirvió como la inspiración para esta nueva teoría de la Doble-Relatividad para fertigación, que comenzó como un ejercicio o una broma, pero que al final del camino resultó ser muy lógica para personas que quieren desafiar interpretaciones.

Para entender la aplicabilidad de esta teoría se utiliza una secuencia de suposiciones o premisas.

Premisas para las interpretaciones de los nutrientes en la solución del suelo haciendo por lo menos 2 colecciones sucesivas de muestras con los chupa-tubos para medir la CE y medición de los niveles de algunos nutrientes como calcio, potasio, nitrato, etc. Por lo tanto, comparamos después del intervalo de colecciones las mediciones que pueden ser



por ejemplo semanal, la CE actual contra la CE la semana anterior, siendo esta la primera relatividad. Luego medimos algunos nutrientes como potasio, calcio, otro cualquier y hacer una doble comparación: la concentración de potasio esta semana contra el potasio de la semana pasada y la segunda comparación es aporte de potasio la semana pasada en la CE en comparación con la contribución del potasio esta semana en la CE y compararla contra la semana anterior. Se trata de la "Doble-Relatividad". Ídem para otros nutrientes. En comparación con cada nutriente contra sí mismo en dos colecciones sucesivas después el rango deseado e identificar el DELTA (Δ) e identificar cómo este nutriente contribuyó a la CE en estas 2 colecciones sucesivas. Esto repite cada nueva colección comparando el nutriente individual contra sí mismo y su contribución a la CE en siempre en 2 colecciones en secuencia, colección siempre actual en comparación con la colección anterior e identificando el Δ de nutrientes y Δ de salinidad a través de la CE y el aporte de nutrientes dentro de la CE.

Premisa 1. No hay no hay valores absolutos en nutrición de plantas.

Premisa 2. Identificar la salinidad total en solución del suelo medida por la CE, en mS/cm de conductividad eléctrica, que es similar en el sistema internacional de unidades a dS/m;

Premisa 3. Considerar la relación que para cada medida de CE = 1 mS/cm, representan 10 equivalentes de cationes y otros 10 equivalentes de aniones, respetando esta proporcionalidad. CE = 2 mS/cm representa 20 equivalentes de cationes y otros 20 equivalentes de aniones, y así sucesivamente hasta $\sim 7,0$ mS/cm.



Premisa 4. Los principales cationes que forman el cóctel iónico en la solución del suelo son K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ , H^+_3 (hidronio) y micros Fe^{++} , Mn^{++} , Zn^{++} , Cu^{++} .

Premisa 5. Los principales aniones que forman el cóctel iónico en la solución del suelo son Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , SO_3^- , PO_4^{---} , HPO_4^{--} , OH^- , HCO_3^- , e los micros $B_4O_7^{--}$ e MoO_4^{--} .

Premisa 6. Ejemplo con potasio que tiene peso molecular 39 y catión monovalente, su equivalente es igual a su peso molecular, y cada uno contribuye en la CE con 0,1 mS/cm, por lo que sí es la solución del suelo con CE de 2,5 mS/cm y K^+ contribuir con 10 equivalentes, por ejemplo, tenemos otros 15 equivalentes en la solución del suelo que forman el cóctel con otros cationes. La concentración de K^+ en ppm en la solución de nutrientes de suelo en este ejemplo de 10 equivalentes sería $10 \times 39 = 390$ ppm (partes por millón) de K^+ y su contribución en la salinidad total es 1 mS/cm dentro del total de 2,5 mS/cm en el cóctel total contando solamente los cationes. En paralelo, la misma solución nutritiva del suelo con estos CE = 2,5 mS/cm deben tener también otras 25 equivalente de aniones. Suma de los equivalentes de aniones + los cationes de este ejemplo, tenemos 50 equivalentes totales.

Premisa 7. La concentración de K^+ en solución del suelo se presenta en ppm o mg/L o mg/Kg y todas estas unidades son similares. Vamos a tener en cuenta que 1 equivalente de K^+ = 39 ppm y contribuye a salinizar la solución del suelo con CE = 0,1 mS/cm, siendo proporcional, así que 2 equivalentes de K^+ tendremos $2 \times 39 = 78$ ppm



y la salinidad causada por esta concentración de K^+ contribuye en CE con 0,2 mS/cm.

Premisa 8. Ejemplo con un catión bivalente como el calcio Ca^{++} , que tiene peso molecular de 40, pero por ser bivalente, su equivalente es $40/2 = 20$. Por lo tanto, cada 20 ppm Ca^{++} en solución del suelo contribuye con 0,1 mS/cm en la CE. Si podemos identificar, por ejemplo, en un análisis de la solución del suelo con 80 ppm de Ca^{++} , concluimos que la contribución de calcio en la salinidad total medida por la CE es de 0,4 mS/cm.

Premisa 9. La concentración de K^+ en la solución del suelo será 100% libre solamente en hidroponía y en suelos muy arenosos. Sin embargo, en suelos con contenido de arcilla y la presencia de materia orgánica, hay muchas trampas para capturar el K^+ y evitar su disponibilidad en la solución del suelo, donde las raíces pueden obtener parcialmente algunos nutrientes. Es la gran diferencia entre el análisis de la solución de suelo y análisis de suelo. En la solución del suelo aparece sólo el K^+ disponible para las raíces en ese momento sin tener en cuenta K^+ preso o inmovilizado. Este concepto es válido para todos los nutrientes y principalmente los cationes y para fosfatos.

Premisa 10. El análisis del suelo tradicional trae información absoluta de K^+ en la muestra de suelo tratada en el laboratorio con métodos de extracción eficientes para K^+ total en el suelo, incluso si no está disponible para las raíces en el estado natural. Esta información única y absoluta se ha utilizado para servir como la base de recomendaciones de fertilización cuantitativa en muchos cultivos de secano. Muchos agricultores realizan estos análisis con baja frecuencia de solamente



una vez cada 1 o 2 años y durante estos periodos las muchas variaciones que ocurren naturalmente.

Premisa 11. Un ejemplo con el anión nitrato NO_3^- , con peso molecular $\text{N} = 14$ e $+ 3$ Oxígenos \times con peso molecular $16 = 48$, por lo que el total será de $14 + 48 = 62$. Cómo es un ion monovalente, nitrato tiene su peso molecular dividido por 1 para formar su equivalente igual al peso molecular de 62. Por lo tanto, decimos que 62 ppm de nitratos en solución del suelo contribuye a la salinidad total de CE con 0,1 mS/cm. El doble sería el $62 \times 2 = 124$ ppm o 2 equivalentes de nitratos y su contribución a la CE sería 0,2 mS/cm y así sucesivamente en proporcionalidad lineal. Esta proporcionalidad es cierta hasta el CE $\sim 7,0$ mS/cm, pero con salinidad $> 7,0$ mS/cm, la solución se hace saturada y no más lineal.

Premisa 12. Extractores de Solución de Suelo (ESS) o chupa-tubos sirven para traer una opción dinámica, fácil y rápida que sugiere una nueva interpretación para una gestión de nutrición que huye de los valores absolutos y crea una **Doble-Relatividad en las secuencias de las comparaciones con la propia contribución individual del nutriente y su contribución dentro de la CE**. Así que ya no tenemos referencias absolutas cuántas ppm de K^+ sería ideal en cada etapa del cultivo, sino cuánta ppm de K^+ sería ideal para diferentes niveles de CE en cada etapa del cultivo.

Premisa 13. La colección de la solución del suelo en intervalos semanales o quincenales, o cuando es conveniente, porque es fácil y rápido, e puede servir para identificar las tendencias de las comparaciones en la **colección actual contra la colección anterior** y



comprobar cuánta ppm de cada nutriente relevante están disponibles en la solución del suelo a las raíces e identificar el **DELTA (Δ)** en relación con la colección anterior. Similares para comparar la CE entre 2 secuencias de muestras de solución del suelo. La comparación es sobre de cada nutriente contra sí mismo; el segundo es la comparación de la relatividad de cada nutriente en la salinidad total medida por la CE para cada secuencia de 2 muestras recogidas para formar el Δ . Esta es la doble relatividad.

Premisa 14. Para el método de extractores de solución del suelo, hay una tolerancia de +/-1 equivalentes en precisión de las mediciones es muy razonable para el nivel de agricultor; y hasta +/-0,5 equivalentes de tolerancia para el nivel de investigador.

Premisa 15. Los rangos de variaciones en la práctica de los niveles de nutrientes en solución del suelo en el campo son mucho mayores que 1 equivalente de tolerancia sugerida para el grado de precisión de kits de pruebas rápidas para distintos nutrientes tales como K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , NH_4^+ para los cationes principales y Cl^- , NO_3^- , SO_4^{--} , HPO_4^{--} entre los aniones. Esta variación sería suficiente para este propósito y suficiente para identificar las tendencias de Δ de 2 o más muestras sucesivas y para apoyar las decisiones de manejo nutricional de las dosis que se aplican sobre los cultivos irrigados vía fertigación. Por lo tanto, kits rápidos sirven para dentro de una tolerancia razonable. Pruebas más precisas son mucho más caros y lentos, pero sin cualquier beneficio para su uso por los agricultores.

Premisa 16. El uso de Extractores de Solución de Suelo o chupa-tubos en cultivos irrigados x seco. Uso en cultivos con irrigación ya es



rutina para muchos agricultores, que pueden hacer las correcciones a través de las dosis de fertigación; Sin embargo, en cultivos de secano tienen algunos trucos para usar este método. Los chupa-tubos necesitan hacer el vacío para succionar la solución del suelo con una jeringa de 60 ml y esto es posible solamente cuando el suelo está mojado y se logra después de una lluvia o tenemos que simular el riego manualmente con un balde de agua alrededor del chupa-tubo y luego se hace el vacío. No es posible en suelo seco o con poca humedad hacer el vacío en los chupa-tubos.

Premisa 17. Ejemplo con el cultivo de la papa. La semana anterior recogiendo la solución del suelo con extractores de suelo solución (ESS), si se identifica la CE = 2,0 mS/cm lo que indica el nivel de salinidad total en la solución. Teniendo en cuenta la concentración de calcio en la CE identificado como 100 ppm y sabiendo que 1 equivalente de Ca^{++} vale 20 ppm, calcio en contribución de la CE sería de 0,5 mS/cm de total de 2,0 mS/cm, que es una buena concentración durante la fase de llenado de los tubérculos dentro de la salinidad total, calcio participa con 25% de los cationes. Sin embargo, la semana siguiente, después de una posible lluvia, que causó una dilución y lavado parcial de la solución del suelo, la CE paso a total de 1,0 mS/cm y la concentración de calcio dentro de la CE sólo 60 ppm, se identifica que el Δ de calcio fue de 40 ppm perdido y seguro se perdió otros nutrientes también que componen la salinidad. El calcio ahora está con 3 equivalente ($3 \times 20 = 60$ ppm) en un total de 10 equivalentes de cationes por la nueva CE = 1 mS/cm lo que implica una proporción de 30% de calcio en la CE sería la contribución del calcio entre los cationes. La interpretación es que en general si has perdido todos los nutrientes en números absolutos y también de calcio, y en la concentración actual de todos os sales en la CE en la solución del suelo,



el calcio paso a más concentrado. Hay ahora que preguntar si queremos hacer una aplicación a través de la fertigación con varios nutrientes para restaurar los nutrientes perdidos por la lluvia y recuperar la CE = 2,0 mS/cm, hay que aplicar la simple y muy fácil "Regla de Oro de Fertigación", para calcular las dosis:

100 g/m³ = garantía de fórmula va de % a ppm

Premisa 18. Si queremos restaurar la concentración de calcio para 100 ppm y tenemos ahora solamente 60 ppm, utilizando la "regla de oro de fertigación" y elegir la fuente de calcio como nitrato de calcio, por ejemplo, que tiene su composición en porcentaje de 15-00-00+19Ca. Para facilitar el cálculo en esta cuenta el contenido de 19 de Ca, vamos a considerar como 20. Sabemos que 100 gramos de este fertilizante en cada m³ de riego aportarán 20 ppm de calcio y si quiere proporcionar los 40 ppm de calcio en la fertigación siguiente, por proporcionalidad debe aplicarse 200 g de nitrato de calcio por m³ de irrigación. Si el volumen de agua a aplicar (ejemplo) es de 300 m³ de riego y recibir cada m³ recibe 200g dese fertilizante, entonces 200g x 300m³ = 60kg dese fertilizante se aplicará como suplemento de calcio para lograr el aumento de 40 ppm de calcio pasando de 60 para 100 ppm deseados. En este caso, el mismo fertilizante también daría 30 ppm de N, ya que tenemos 15 N en la garantía da fórmula porque aplicamos el doble de la regla de oro. Entonces, por cada 100 g/m³ representa 15 ppm y para 200 g/m³ es 15 x 2 = 30 ppm de N. Si queremos todavía más N y por ejemplo se elige la Urea que contiene 45% de N y aplicar la regla original en proporción de 100 g/m³ de este abono para el mismo volumen de 300 m³ sería 30 kg de urea para la suma de N que recibió de 2 diferentes fertilizantes 30 ppm de la fertigación con Nitrato de calcio + 45 ppm de N de la Urea para un total de 75 ppm de N.



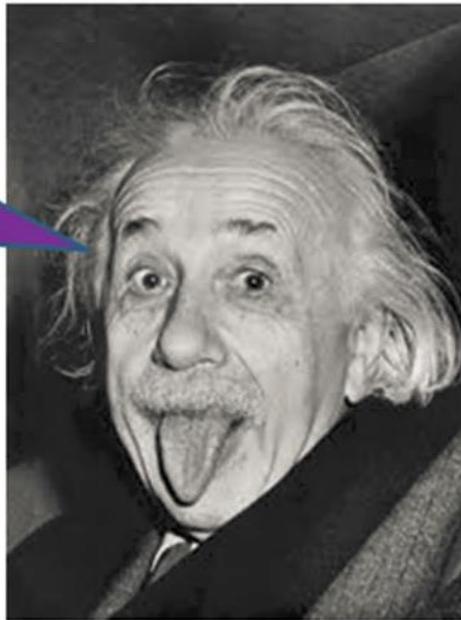
Premisa 19. La CE de la solución del suelo se considera dentro del rango fisiológico para las principales plantas cultivadas entre 1,5 a 4,0 mS/cm. Cuando la CE < 1,5 mS/cm es un fuerte indicador de que la solución del suelo es muy diluida y las plantas pasarán hambre. Cuando la CE = 4,0 mS/cm es frontera del límite fisiológico y es indicativo de exceso de fertilizante (sales). Sabemos que por cada unidad de la CE en el suelo solución genera una tensión (presión negativa de orden de -0,3 ATM, lo que dificulta la absorción por las raíces. CE entre 5 y 7 mS/cm inhibe la absorción de la solución por las raíces y forzará el cierre de las estomas durante la mayor parte del día, disminuyendo la capacidad de fotosíntesis. Cuando puede ocurrir la CE > 7 mS/cm el fenómeno inverso, obligando a la pérdida de agua por la planta al suelo y la planta se marchita entrando deshidratado y colapso.

Premisa 20. La evolución de nuestro conocimiento de la química agrícola se abre por un amplio camino a la mejor práctica de fertigación sin recurrir a las recomendaciones del tipo "recetas de tortas" listas para las dosis a aplicar por fertirriego y menospreciar la capacidad de gestión de los agricultores y a sus agrónomos en hacer ajustes compatibles. La práctica de la fertigación es una herramienta incomparable para optimizar la nutrición de los cultivos irrigados y todo comienza con la cualificación y formación de equipos de campo para ofrecerle la mejor relación costo/beneficio. Después de todo, con el permiso de Einstein, todo es... doblemente-relativo...



Ahora comprendes?

Fertigación és
Doblemente-Relativa



31. ¿Pódese combatir nematodos vía fertigación?

Tenga en cuenta esta nueva tecnología llamada Aqua4D que es una tecnología suiza en tubo que emite radiación electromagnética, en que el agua pasa a través del tubo y luego el agua va por la tubería normal de irrigación que llevará al agua de riego para el campo.

Este tubo actúa muy similar a un microondas que emite radiación electromagnética en largo de onda electromagnética muy específica que es suficiente para romper los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de agua, eliminando temporalmente la tensión superficial del agua durante unos 2 a 3 días. El agua pasa a más denso, con mayor cantidad de moléculas de agua por el mismo volumen y esto hace que el agua sea mucho más eficiente para disolver sales y facilita así también las raíces para absorber la solución del suelo.





Puede ser con tubo individual para áreas pequeñas o modulares como en la imagen arriba para más volúmenes. El gasto de energía bajo e similar a una bombilla de 60W. Su acción debe ser continua mientras el riego.

La gran curiosidad es que las áreas irrigadas con Aqua4D tenían una reducción fuerte de ataques de nematodos y varios intentos de dar explicaciones para justificar el mecanismo de acción contra los nematodos se hay tentado como los nematodos se quedan desorientados o sin rumbo; ayudan a la flora microbiana antagonista, etc. No está claro cómo funciona, pero es un hecho que los nematodos disminuyó dramáticamente en estas zonas de regadío después de uso de este mecanismo electromagnético.

La eficacia de las raíces para absorber la solución del suelo con el agua más densa es también un hecho indiscutible en comparación contra el riego con agua normal sin el tratamiento electromagnético que es una nueva herramienta que mejora la solubilidad de las sales.

32. ¿Inyección de fertilizantes en el sistema debe hacerse antes o después del filtro?

Normal sería entonces utilizar fuentes de fertilizantes 100% hidrosolubles con buena pureza.

Sabemos que, en el mercado de fertilizantes con parte sucia, parte de insolubles o mismo el uso de fertilizantes que no son para uso por fertigación y sería prudente filtrar la solución antes de dirigirse a las tuberías de riego. Además, hay el mal uso de algunos fertilizantes de suelo que no debe ser utilizado a través de fertigación, pero algunos agricultores insisten en intentar disolverlas parcialmente para inyectarlos y son de bajo rendimiento y riesgo de obstrucción de emisores.

33. ¿Cuáles son las principales novedades en el mercado de fertilizantes hidrosolubles?

PeKacid 00-60-20 con pH 2.2 tampón se basa en el Ácido Fosfórico purificado (grado de pureza alimenticia) se seca y estabilizada en polvo junto con el MKP (Fosfato Mono Potásico 00-52-34) que proporciona la el tampón de pH, mantiene el producto en polvo seco y con K en su composición. Su alta solubilidad es de 680 g/L, su salinidad (CE) 1 g/L = 1,4 mS/cm que está muy por debajo del ácido fosfórico líquido puro que es 2,2 mS/cm. El proceso es patentado para desecación del Ácido Fosfórico y el producto final. PeKacid es también ampliamente utilizado como materia prima en formulaciones de NPK para acidificar y sirve para mantener el sistema de riego en aplicaciones normales. Es sugerido por lo menos 5 kg por semana por hectárea. PeKacid utilizado

107



en mezclas de NPK sirven perfectamente para aplicación con herbicidas para proporcionar un pH tampón entre 3 – 3,5 que es excelente para su mejor eficiencia.

PeKacid debido al pH ácido y su composición ser PK que tiene alta movilidad en el floema, se ha utilizado también como un ácido foliar porque las plantas toleran acidez para nutrientes móviles en floema y disfrutan como nutrientes además del efecto de pH contra una variedad de plagas y enfermedades que son sensibles a pH muy ácido.



PeKacid es fertilizante totalmente hidrosoluble en polvo y muy ácido basado en PK con 00-60-20 y fuerte poder tampón (buffer) para pH 2.2 como producto único y patentado por ICL.

PeKacid foliar – uso y patente para la acción de protección de planta de "choque de pH"

PeKacid foliar es una de las fuentes de mi patente para el uso de fertilizantes foliares de pH extremos, o sea, pero siempre con PK, es decir, muy ácido o muy alcalino, pero siempre PK. Por su pH muy ácido y su composición ser PK que tienen gran movilidad en el floema, **PeKacid** fue la versión ácida y se ha utilizado con doble propósito como nutrientes puesto que las plantas toleran la acidez y neutralizan internamente en el metabolismo y la muy rápido son translocadas vía

108



floema estos nutrientes a otras partes de las plantas, además tienen el efecto de pH contra una variedad de plagas y enfermedades que son sensibles a pH muy ácido por acción de contacto, mientras que las hojas están mojadas.

También existe la versión de pH alcalino de PK con pH ~11 y que también tienen acción de protección de planta en la cual hay inhibiciones por acción de contacto con fuerte inhibición de muchas plagas y enfermedades sensibles a pH alcalino, mientras que las plantas toleran este nivel de pH simplemente porque la fuente es PK fácil neutralización internamente en la planta y su movilidad para otras partes de las plantas, con bajo riesgo de toxicidad.

El link para los datos de acceso de la patente por Luiz Dimenstein en la *US Patent & Trademark Office*, acerca del uso de fertilizantes solubles o líquidos basados en PK de pH extremos vía fumigación foliar para la reducción de varias plagas y enfermedades por acción de contacto para inhibición de plagas y patógenos susceptibles a pH extremos mientras que las plantas son tolerantes porque PK son nutrientes móviles en el floema y el pH es neutralizada internamente por la homeostasis interna de las plantas:

<http://appft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO1&Sect2=HITOFF&d=PG01&p=1&u=%2Fnetacgi/nph-PTO%2Fsrchnum.html&r=1&f=G&l=50&s1=%2220130130896%22.PGNR.&OS=DN/20130130896&RS=DN/20130130896>



Control con alta infestación de minadora y oídeo
Vários pesticidas como Premium, Vertimec, Agramectim, Trigard, aplicados semanalmente durante todo el ciclo de cultivo por 20 semanas



Invernadero arriba com uso regular de pesticidas.

Tratamiento com aplicaciones foliares de PeKacid a 1% concentración en intervalos semanais durante 20 semanas mantiene las plantas livres de ataques das plagas y enfermedades por acción de contacto. No tiene efecto sistémico.



Invernadero utilizando solamente PeKacid vía fumigación foliar y cero de pesticidas. La concentración de PeKacid inicial fue 1% del volumen y después fue reducido en dosis bajas de 0,5% de concentración y obtuvo el mismo nivel de pH con resultado similar.



Control con intenso ataque de minadora (*Liriomyza* spp.) formando galerías, mismo con aplicaciones 2x por semana de insecticidas tradicionales en melón en la región de Mossoró - RN - Brasil



Arriba melón con fuerte ataque de minadora

Plantas de melón que recibieron aplicaciones foliares con PeKacid a 1% concentración con control de la minadora (*Liriomyza* spp.) que es el mayor problema fitosanitario del melón en Brasil. Total 6 sprays. Otras plagas y enfermedades también desaparecerán del campo por acción de contacto como Oídio, Mildew, insectos, ácaros, bacterias, esporos de hongos, etc...



Melón en la misma área tratada con PeKacid vía foliar





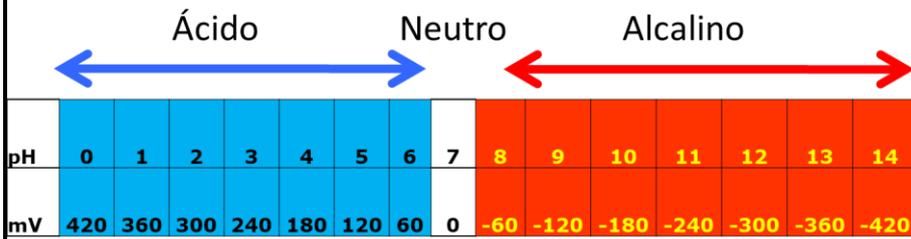
Coco atacada por ácaros y después de 4 meses con fumigación semanal de PeKacid al 0,5% de concentración, con 2 kg en 400 litros de agua.

Acción de contacto depende de la utilización de un abundante volumen para eficiente acción de soluciones de pH extremos bañarse los patógenos y los parásitos. Insectos y ácaros son más sensibles a los extremos de pH en las etapas jóvenes de huevo y larva. Muchos hongos y bacterias tienen fuerte inhibición por medidas extremas de pH, pero siempre debe usar PK como fuente hidrosoluble para la movilidad en el floema y también sirven como nutrientes.

Este proyecto de "choque de pH" con fertilizantes solubles PK tenía el nombre original del proyecto de **ParaNutri** que en la versión ácida utilizamos PeKacid, mientras versiones alcalinas probamos 4 diferentes combinaciones de PK que técnicamente son excelentes, sin embargo, la versión ácida es más barata. Así PK en secuencias de aplicaciones, ácidos o secuencias de aplicaciones alcalinas, o secuencias de aplicaciones foliares turnándose una vez con ácido y en la otra vez alcalino, todos eran eficaces en la reducción de muchas plagas y enfermedades.



ParaNutri Proyecto y Patente



Δ pH = gradiente eléctrico

Δ pH hasta 3 unidades es normal

= 3 x 60 mV = 180 mV

Dimenstein

La escala del pH va desde 0 hasta 14, pero mide el voltaje y el voltaje de miliVolts cero solamente en que a pH 7. Para cada unidad de pH tenemos cerca de 60 miliVolts (mV) en números redondos y la tolerancia de las membranas biológicas es hasta 180 pH de DELTA (Δ pH), es decir, la diferencia de pH en el citoplasma de la célula del patógeno, o en los huevos o larvas del insecto o ácaro, si se lava con una solución de pH extrema que provoca un Δ pH > 3 generará un gradiente eléctrico >180 mV y éste es el límite de la integridad de las membranas biológicas que pasaría por la ruptura o plasmólisis. Sabemos que el pH interno en el citoplasma de la mayoría de las células es 7,2 y aplicaciones de soluciones de pH < 3 hay demostrado ser efectiva para la versión ácida. Por otro lado, para las versiones alcalinas con pH > 10,5 también funcionaron bien. Toda biología necesita una fuerza impulsora que promueve diferencias de pH entre las membranas de muchos organelos y el citoplasma, formando siempre Δ pH < 3 y el metabolismo trabaja con corrientes de iones normales.



Acid-NPK para fertigación ácida y para uso con herbicidas – es una familia de fórmulas NPK y cuya fuente de fósforo total o parcialmente en la mezcla es el PeKacid para que el pH de la formulación sea entre 3 a 3,5 considerando usar para fertigación aguas duras y alcalinas. También es una gama de pH ideal y con poder tampón para su uso en combinación con herbicidas. Algunos ejemplos de fórmulas Acid-NPK con PeKacid siendo utilizado como materia prima en estas mezclas. Otras variaciones y proporciones de Acid-NPK pueden ser hecho a medida y enriquecida con opcionales aditivos o bioestimulantes.

24-04-24

06-06-46

10-10-40

34-14-04

25-15-15

Nitrato de Magnesio puro 11-00-00+9,3Mg es el nitrato de magnesio tradicional, se obtiene a partir de la reacción del ácido nítrico con carbonato de magnesio y eliminación del ácido carbónico y en la secuencia la cristalización en la forma de lentejas o escamas.





Nitrato de magnesio tradicional blanco puro en forma de lenteja, también conocido como **“esverdeador o pintura verde”** por promover rápidamente la síntesis de clorofila en las plantas teniendo en cuenta la alta movilidad en la xilema y el floema de N y Mg

y que estos nutrientes forman el núcleo de la molécula de clorofila.

Nitrato de Magnesio enriquecido en el Grano 10-00-00+9Mg+ Micros o RNA* (*RNA = *Release Nutrient Additive* en inglés, o Aditivo de Liberación de Nutrientes). RNA* en este caso no es el conocido **ácido ribonucleico**, pero utiliza las mismas siglas. En realidad, es un aditivo que se originó de una larga cadena de polipéptido hidrosoluble que es un precursor de un nuevo agente quelante biodegradable IDHA y que al infiltrarse en el suelo a través de fertigación forman este quelante que va a buscar ciertos cationes que se están atrapados en las arcillas del suelo para liberarlos para las raíces absorber. Este quelato IDHA es el único biodegradable que hay en el mercado y se descompone en el suelo en aproximadamente 30 días siendo favorable al medio ambiente. Durante el proceso de fabricación de nitrato de magnesio, antes de cristalizar y forman los granos, en la fase todavía líquida, esta solución recibe la adición de otra solución para quedarse enriquecida con un cóctel de Micros o con el nuevo aditivo que llamamos de RNA*. La solución final pasa el proceso de cristalización y el nuevo fertilizante es muy rico y totalmente hidrosoluble.

Nitrato de magnesio en versiones con **Micros o con RNA*** en las fotos abajo.



Mismo para las versiones enriquecidas de **Nitrato de Calcio con Micros o RNA*** porque es similar en el proceso de fabricación donde el ácido nítrico reacciona con el carbonato de calcio eliminando ácido carbónico para después cristalizar el grano del fertilizante.

Para uso vía foliar dosis varían entre 0,5% hasta 1% del volumen, cuando se usa en grandes volúmenes típicos de frutas y hortalizas.

Para granos o cereales y caña de azúcar, la tendencia es usar bajo volumen y las concentraciones de la solución foliar aumentan y pueden variar entre 3% hasta 6%. Aplicaciones de por avión pueden ser todavía más concentrada entre 6% hasta 10%.

Siempre es importante agregar un surfactante.

Para el uso de fertigación dosis adecuadas se ajustan fácilmente si usted tiene el uso de los kits rápidos que se ha descrito anteriormente.



En la foto, un resumen de las versiones enriquecidas de nitrato de calcio y nitrato de magnesio, en que dentro de los granos se incorporan un cóctel de Micros con quelatos de 4 cationes (Fe, Mn, Cu y Zn) y sales de B y Mo que forman el cóctel total con 6 Micronutrientes además de los Macros N y Mg, o N y Ca. Alternativa de uso del aditivo RNA* que es un polipéptido precursor de un nuevo biodegradable agente quelante llamado IDHA y está patentado y exclusivo del fabricante de fertilizantes ADOB de Polonia. Los primeros experimentos con el uso del aditivo RNA*, muestran aumento en la materia seca acumulada en análisis de hojas de los principales cationes que se atrapan en las arcillas y que sería puesto en libertad para las raíces absorber, ya que él es el precursor de un nuevo quelante (IDHA) que va se formar en el suelo cuando se aplica vía fertigación. Este aumento de cationes en los testes fue entre 25% hasta 40% a más que el testigo en el mismo tipo de suelo y cultivo y recibir la misma dosis de nutrientes, sin embargo, sin RNA*. La curiosidad fue que hubo un aumento de 20% en contenido de fósforo también en la materia seca de las plantas que recibieron fertilizante con RNA*, pero no aún ninguna justificación como es la influencia del RNA* con fósforo ya que este elemento forma aniones y los quelatos son activos con cationes. Este tema estará abierto para futuras investigaciones.



Mezclas de **NPK + Micros + RNA*** - es una familia de fertilizantes enriquecidos y con la flexibilidad para personalizar, o sea, hecho a medida, de acuerdo con las órdenes para conseguir la deseada formulación NPK, el nivel de pH puede ser manipulado y ajustado de acuerdo a las opciones de materias primas en mezclas, han añadido un cóctel de Micros quelatos para cationes y sales para aniones, y siempre la opción de enriquecer con el nuevo aditivo RNA*. Todo en la forma de microcristales hidrosolubles.

Otra novedad en estas mezclas de NPK es la fuente de N en la forma de urea como microcristales hidrosolubles sin usar la urea común granular que tiene que ser aplastada mecánicamente que hace la mezcla muy higroscópica (absorbe humedad del aire) y como paliativo tiene que usar anti aglomerante o anti empedrante, que es porque en las fórmulas que usan urea en grano o prilada son molidas, absorben fácilmente humedad. Otros materiales para las mezclas con P y K son normalmente en polvo o cristales. Esta urea microcristal no necesita moler o aplastar y evitase el efecto higroscópico sin empedrar dentro de las bolsas de empaque de los fertilizantes. Por lo tanto, muchos mezcladores utilizan algunos anti aglomerante, pero que no impide que después de cierto tiempo que los fertilizantes forman bloques o piedras dentro de las bolsas. Ahora con la nueva tecnología de microcristal de urea se soluciona este problema. En la secuencia presentamos algunos ejemplos de mezclas de NPK con variaciones y enriquecimiento con micros y adictivos.



Variaciones para enriquecer NPK



16-08-32 con pH 5,5 a 6,0

16-08-32 con pH 3,5 a 4,0

16-08-32 + 3% RNA* con pH 3,5 a 4,0

16-08-32 + 2% RNA*

16-06-32 + 2% RNA* + Micros en ppm

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA* = Release Nutrients Additive
(Adictivo de Liberación de Nutrientes)

Dimenstein

Ejemplos de variaciones con fórmulas NPK 16-08-32 o 16-06-32. La primera versión es la más popular con mezcla de microcristal de Urea + MAP purificada + KCl blanco. El pH es entre 5,5 y 6, suavemente ácido. En la segunda versión fue cambiado el MAP purificado por PeKacid y el pH de la fórmula quedo más ácido entre 3,5 y 4. En la tercera versión, manteniendo el PeKacid como fuente de fósforo y pH más ácido, con agregado de 3% del adictivo RNA* enriqueciendo esta formulación. En la cuarta versión retomar la fuente de P MAP purificada y ajuste en la adición de 2% de RNA*. En la quinta versión se sacrificó 2 unidades de P₂O₅ para usar como aditivos 2% de RNA* + un cóctel de micronutrientes con B, Fe, Mn, Zn, Cu y Mo y cuyas concentraciones se pueden ajustar en la demanda, hecho a medida.



Variaciones para enriquecer NPK



06-06-46 con pH 5,5 a 6,0

06-06-46 + 3% RNA*

06-06-46 + 4% RNA* con pH 3,5 a 4,0

06-06-46 + 1% RNA* + Micros en ppm

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

05-05-45 + 5% RNA* + Micros en ppm

RNA* = Release Nutrients Additive
(Aditivo de Liberación de Nutrientes)

Dimenstein

Ejemplos de variaciones con fórmulas NPK 06-06-46 o 05-05-45. La primera versión es la más popular con mezcla de urea microcristal + MAP purificada + KCl blanco. El pH es entre 5,5 y 6 suavemente ácido. En la segunda versión, fue posible agregar 3% de aditivo de RNA*. En la tercera versión fue cambiada el MAP purificada por PeKacid y el pH de la fórmula quedo más ácido entre 3,5 y 4, además de conseguir añadir 4% del aditivo RNA*. En la cuarta versión retomar la fuente de P MAP purificada y añadir 1% del aditivo RNA* + un cóctel de micronutrientes B, Fe, Mn, Zn, Cu y Mo y cuyas concentraciones se pueden ajustar en la demanda, hecho a medida. En la quinta versión se sacrificó 1 unidad de cada nutriente NPK en el 06-06-46 paso para 05-05-45 y así fuimos capaces de añadir 5% de RNA* + cóctel de micronutrientes. En este caso tenemos flexibilidad para jugar con los añadidos que, si en lugar de 5% de RNA* podría utilizar menos, es decir, 4% o 3% y podría aumentar los micronutrientes en esta mezcla.

120



Variaciones para enriquecer NPK



10-10-40 (K 100% KCl) con pH 5,0 a 6,0

10-10-40 (K 100% KCl) con pH 3,0 a 4,0

10-10-40 (K 30% KCl y 70%KNO3)

09-09-39 + 5% RNA*

09-09-39 + 2% RNA + Micros en ppm

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA* = Release Nutrients Additive
(Aditivo de Liberación de Nutrientes)

Dimenstein

Ejemplos de variaciones con fórmulas NPK 10-10-40 o 09-09-39. La primera versión es la más popular con mezcla de microcristal de Urea + MAP purificada + KCl blanco. El pH es entre 5 y 6 suavemente ácido. En la segunda versión fue cambiada MAP purificada por PeKacid y el pH de la fórmula quedo más ácido entre 3 y 4. En la tercera versión el cambio producido en las fuentes de K en la cual 30% vino de KCl blanco y el 70% de nitrato de potasio. Esta opción es para cultivos sensibles al cloruro y reducir parte de esta materia prima en la mezcla. Estos ajustes son sólo ejemplos que pueden hacer ajustes para personalizar, hecho a medida en una base de caso por caso. En la cuarta y quinta versiones se sacrificó 1 unidad de cada nutriente NPK con la reducción de 10-10-40 para 09-09-39 y así pudimos añadir 5% de RNA* o 2% de RNA* + un cóctel de Micros.



Variaciones para enriquecer NPK



24-04-24 con pH 5,0 a 6,0 (K 100% KCl)

24-04-24 con pH 3,5 a 4,0

25-05-25 (K 100% KNO₃)

24-04-24 + 2% RNA*

23-03-23 + 5% RNA + Micros en ppm

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA* = Release Nutrients Additive
(Aditivo de Liberación de Nutrientes)

Dimenstein

Ejemplos de variaciones con fórmulas NPK 24-04-24 o 25-05-25 o 23-03-23. La primera versión es la más popular con mezcla de microcristal de Urea + MAP purificada + KCl blanco. El pH es entre 5 y 6 suavemente ácido. En la segunda versión fue cambiada el MAP purificada por PeKacid y el pH de la fórmula quedo más ácido entre 3,5 a 4. En la tercera versión, fue sustituido el entero K de KCl para nitrato de potasio y así ganamos 1 unidad de cada nutriente NPK que aumento para 25-05-25. En la cuarta versión volvió a la utilización de urea microcristal + MAP purificada + KCl blanco y adición de 2% del adictivo RNA*. En la quinta versión se sacrificó 1 unidad de la versión 1 de cada NPK para 23-03-23 y adición de 5% de RNA* + un cóctel de micronutrientes con B, Fe, Mn, Zn, Cu y Mo y cuyas concentraciones se pueden ajustar en la demanda, hecho a medida.



Variaciones para enriquecer NPK



19-19-19 con pH 5,0 a 6,0 (K 100% KCl)

18-18-18 con NA + MAP + KNO₃

18-18-18 + 6% RNA + Micros en ppm

20-20-20 con pH 3,0 - 4,0

19-19-19 + 3% RNA*

19-19-19 + 1% RNA + Micros en ppm

B	Fe	Mn	Zn	Cu	Mo
Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm	Ppm
500	1000	1000	1000	500	200

RNA* = Release Nutrients Additive
(Aditivo de Liberación de Nutrientes)

Dimenstein

Ejemplos de variaciones con fórmulas NPK 19-19-19 o 18-18-18 o 20-20-20. La primera versión es la más popular con mezcla de microcristal de urea + MAP purificada + KCl blanco. El pH es entre 5 y 6 suavemente ácido. En la segunda versión fueron cambiados urea por nitrato de amonio y KCl blanco por nitrato de potasio, que son materias primas utilizadas en hidroponías y cultivos en sustratos, evitando el uso de urea y cloruros. Así las garantías de contenidos de nutrientes se reducen a 18-18-18. En la tercera versión, volvemos a utilizar las materias primas microcristal Urea + MAP purificada + KCl blanco y se sacrificó también 1 unidad de cada nutriente NPK de 19-19-19 para 18-18-18 por lo que podemos añadir RNA* + un cóctel de micronutrientes. En la cuarta versión fue cambiado MAP purificada por PeKacid para acidificar la fórmula entre pH 3 a 4 y hemos sido capaces de aumentar las garantías de NPK para 20-20-20. En las versiones quinta y sexta con 19-19-19 con 3% de RNA* o 1% RNA* + un cóctel de Micros.



NPK con Polifosfato + PeKacid con micro opcional + RNA* - se desarrolló una nueva materia prima basada en Polifosfato + PeKacid cuyo resultado tiene el pH suavemente ácido ~6. Sirve perfectamente para elaboración de fórmulas NPK hidrosolubles con bajo contenido en fósforo ya que será más eficiente y más accesible a las raíces por tener menos adsorción en arcilla. Ejemplos de NPK con Polifosfato + PeKacid:

Fosfatos Livres en las Arcillas

Nuevas fórmulas para fertigación

05-05-50

35-05-10

15-05-35

23-10-23

Estos NPK será de gran utilidad para aumentar la eficiencia de la absorción de fosfato. Estas fórmulas también pueden ser enriquecidas con micronutrientes y adictivos como RNA* de manera similar a la descrita previamente. Polifosfato no debe ser usado individualmente o puro porque tiene pH muy alcalino siendo perjudicial para el propio fosfato y también para la mayoría los micronutrientes (Fe, Mn, Cu, Zn y B) que se convierten en insolubles en medio alcalino. La combinación con su PeKacid trae dos ventajas, que además de conseguir el pH suavemente ácido alrededor de pH 6, pasa a tener poder tampón con el pH estable. El adecuado entonces es utilizar mezclas de NPK con bajo nivel de fosfato porque tendrán alta eficacia y alta disponibilidad.



34. ¿Puede utilizar extractores de solución del suelo (ESS) los Chupa-Tubos en cultivos de secano?

Uso de chupa-tubos en cultivos de secano x cultivos irrigados. El Uso en cultivos de regadío ya es rutina para muchos agricultores, que pueden hacer las correcciones a través de las dosis de fertigación frecuentes; sin embargo, cultivos de secano tienen algunos trucos para usar este método. Los chupa-tubos necesitan succionar la solución del suelo bajo vacío y para lograr hacer el vacío con la ayuda de una jeringa de 60 ml, por lo general sólo cuando el suelo está húmedo y que ocurre después de una lluvia o tenemos que simular regando manualmente con un balde de agua alrededor del chupa-tubo. No es posible hacer el vacío en suelo seco o con poca humedad. Es discutible qué hacer con los resultados de los análisis en las áreas de secano, por su limitación en manejar algunas correcciones, pero el interés humano habla más fuertes y medir las áreas de secano, generalmente después de algunas lluvias para identificar lo que está realmente disponible a las plantas en esa zona.

35. ¿Cuáles son las características que hacen que el sistema de riego por goteo más eficiente entre todas las demás?

Si el riego por goteo fue sólo proveer de agua mientras que los fertilizantes se aplicaron al modo convencional, no habría ninguna gran ventaja. Sin embargo, la posibilidad de aplicación de fertilizantes hidrosolubles en dosis pequeñas y frecuentes manteniendo el volumen de suelo húmedo cerca de la raíz con la salinidad en concentraciones



aceptables sin fluctuaciones típicas de fertilización pesada seguida de varias irrigaciones y eso causa diluciones y lixiviados. Este sería el "efecto acordeón" la salinidad causada por fertilizante, cuando lo ideal es mantener la concentración de fertilizantes (sales) con poca variación. La mejor gestión sería siempre que irriga si hace con fertirriego. Sin embargo, es común, debido a la falta de automatización o por falta de planificación, si por ejemplo regar todos los días y si fertirriga una vez por semana, o otra frecuencia.

El goteo permite un ahorro de agua y de fertilizantes por promover fertigaciones sólo en el volumen húmedo y restringido del suelo en lugar de área total. La eficiencia del uso de fertilizantes vía el goteo es mejor.

Fertigación mediante suministro de la demanda fisiológica permite el goteo para los cultivos de los nutrientes según la dosis que usted puede manejar y la escoja de las fuentes más adecuadas para el pH en el bulbo húmedo y con frecuencia para optimizar la disponibilidad de nutrientes.

Por goteo permite en algunos cultivos de riego subsuperficial, es decir, goteo enterrado unos 20 – 30 cm profundo, más común para cultivos perennes, aunque puede también ser utilizado en cultivos anuales. Enterradas las mangueras tienen una vida útil más larga por estar protegidas de la radiación solar en la superficie y temperaturas suaves. Hay un estimado de ahorro de hasta un 30% de agua que es considerable.

Goteo superficial o subsuperficial evita mojar la parte aérea es bienvenida para reducir los ataques de algunos hongos y bacterias que se desarrollan en el mojado.

Goteo puede ser accionado en cualquier clima, vientos, temperaturas, cualquier horario.



Para la topografía que no es plana, hay tecnología auto compensado de goteo y anti drenante, que mantiene el flujo indicado por el fabricante desde el primero hasta el último emisor a lo largo de la línea de lateral de goteo, se está moviendo hacia arriba o hacia abajo del terreno y cerrar el tiempo de ejecución y la parada del sistema de bombeo de agua a presión en las mangueras interrumpen el goteo, generalmente cuando la presión es $< 0,4$ ATM y se encuentra dentro del agua mangueras sin drenaje esperando el siguiente riego cuando la presión supera el $0,4$ ATM. Esta tecnología es deseable en líneas laterales largas cuando el flujo es uniforme a lo largo de toda la línea.



Resumen de curriculum del autor:

Luiz Dimenstein - M. SC. Agr.- *Maestro en la ciencia de agricultura* – Experto en fertigación y nutrición vegetal. Actual consultante de **Dimenstein Consultoría** para agricultura intensiva.

- Ingeniero Agrónomo por la **Universidad Federal Rural de Pernambuco** en 1985.
- Maestría en Ciencias de la Agricultura, por la **Facultad de Agricultura de la Universidad Hebrea de Jerusalén**, en Rehovot, Israel, en 1990 y el Departamento de Horticultura en el **Vulcani Center**, entre 1988-1990.
- Ingeniero Agrónomo de las empresas de semillas **Zeraim Gedera** y **Hazera** entre 1991-1995.
- Ingeniero Agrónomo invitado por el Ministerio de agricultura y Ministerio de relaciones exteriores de Israel para el soporte técnico y cursos en el extranjero en agricultura, riego y **fertigación**, en 1995.
- Consultor en Brasil por la empresa **Dimenstein Consultoría**, para **fertigación** a cerca de 60 empresas de cultivos de regadío variada como tomate, melón, sandía, espárragos, uvas, mango, papa, coco, algodón, caña de azúcar, hortalizas, café, cítricos, etc., desde 1996 y actualmente.
- Gerente técnico y de investigación de la **Haifa Química do Brasil Ltda.**, entre 1999 y 2004.
- Experiencia internacional en conferencias y seminarios internacionales sobre **fertigación** en México (ciudad de México y Puerto Vallarta 2000 2002), los EE.UU. Miami (2001) y Orlando (2005), Israel (Tel Aviv 2000, 2008, 2009 y 2011, 2014, 2015,



Haifa, 2003), España en Barcelona (2003), Venezuela (Caracas 2004), Argentina (Mendoza 2011), Perú (Lima 2011, 2014, 2016), Holanda en Ámsterdam (2015). En Brasil participación en más de 50 conferencias en eventos regionales y nacionales.

- Autor de la patente de choque de pH usando extremos de pH con fertilizantes PK, o demasiado ácidos, o demasiado alcalinos vía foliar para reducir los ataques de plagas y enfermedades que son inhibidas por acción de contacto por pulverización de la solución de pH extremos. (Presentado en 2009 y aprobada en 2013).
- Gerente de negocios y desarrollo de fertilizantes especiales **ICL Brasil LTDA.**, Grupo ICL - Israel Chemicals Ltd.
- Consultor para ADOB – Polonia, fabricante de fertilizantes quelatos y sales hidrosolubles para foliar e fertigación. Desde 2018.



Bibliografía

1. Mottes, A. Manual de Instrucciones de Mottes Tensiómetros Ltd. Israel. Análisis de la solución nutritiva del suelo y el método de extracción por vacío de la solución del suelo. 2001.
2. Manual de interpretación de análisis de suelo y la solución del suelo, Hach, Estados Unidos, 1992.
3. Navarro, G. G. y Navarro, S. B. Química Agrícola. Ediciones Mundi-Prensa. 488pp. 2000.
4. Bagueño, H. La Fertigación en Cultivos Hortícolas con Acolchados Plásticos, Bursag, s.c. México. Vols. 1, 2 y 3, 1999.
5. Kramer, P. J. and Boyer, J. S. Ion Transport and Nitrogen Metabolism, in Water Relations of Plants and Soil, Associate Press – AP, pp 283-315, 1995.
6. Steudle, Ernest, Water uptake by roots: effects of water deficit. Journal of Experimental Botany, Vol. 51, No.350, pp 1531 – 1542, 2000.
7. Oparca, J. Karl and Santa Cruz, Simon, THE GREAT ESCAPE: Phloem Transport and Unloading of Macromolecules. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 51:323-347, 2000.
8. Raghothama, K. G., Phosphate Acquisition. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:665-693, 1999.
9. McCully, Margaret E., ROOTS IN SOIL: Unearthing the Complexities of Roots and Their Rhizospheres. In Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50:695-718, 1999.



10. Schachtman, D. P et al. Phosphorus Uptake by Plants: From Soil to Cell. *Plant Physiology*, 116:447-453, 1998.
11. Smith, J. L. and Doran, J. W. Measurement and Use of pH and Electrical Conductivity for Soil Quality Analysis. In *Methods for Assessing Soil Quality*. Soil Science Society of America, Special Publication 49, 169-186, 1996.
12. Lindsay, W. L. and Catlett, K. M. Chemistry of the Soil Solution. In *Plant Physiology*. Soil Science Society of America, pp 123-140, 1998.
13. Kafkafi, U and Tarchitzky, J., Fertigation – A tool for efficient fertilizer and water management, International Fertilizers Industry Association (IFA) and International Potash Institute (IPI). 1st ed. Paris. 141 pp. 2011.
14. Marschner, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. Academic Press, London. 892 pp. 1995.
15. Taiz, L and Zeiger, E. *Plant Physiology*. 6th ed. www.sinauer.com/plant-physiology-and-development.html 761pp. 2015.
16. Heldt, H. W. and Piechulla, B. *Plant Biochemistry* 4th ed. Academic Press, Elsevier. London. 618 pp 2011.
17. Raven, P. H. et al. *Biology*. 9th ed. McGraw-Hill. New York. 1406pp. 2011.
18. Campbell, N. A. et al. *Biology*. 7th ed. Pearson editor. San Francisco. 920pp. 2012.
19. Burdige, J. *Chemistry*. 2nd ed. McGraw-Hill. New York. 1121. 2011.
20. Tro, N. J. *Chemistry – A Molecular Approach*. 2nd ed. Pearson Prentice Hall editor. New Jersey. 1228pp. 2011.



21. Berg, J. M. et al. Biochemistry. 7th ed. W. H. Freeman and Company editor. New York. 1224PP. 2012.
22. Miller, A and Hills, A. The importance of soil pH, Farm note 78/2000. Agriculture Western Australia. 4pp. 2000.
23. Addiscot, T. M. et al. Nitrate, Agriculture and Environment. CABI Publishing. London. 2005.
24. Stern, K. at al. Plant Biology. 12th ed. McGraw-Hill. New York. 641pp. 2011.
25. Alberts, B et al. Molecular Biology of the Cell. Sixth Edition. Garland Science. New York. 1465pp. 2015.
26. Gregory, P. J. Plant Roots – Growth, activity and interaction with soils. Blackwell Publishing. Oxford. 340pp. 2006.
27. Lehninger, A. et al. Principles of Biochemistry. Fifth Edition, W. H. Freeman and Company. New York. 1294pp. 2008.
28. Bettelheim, F. A. et al. Introduction to General, Organic and Biochemistry. Tenth Edition. Brooks/Cole – Cengage Learning. Belmont, CA, USA. 1032pp. 2013.
29. Oxtoby, D. W. et al. Principles of Modern Chemistry. Sixth Edition. Thomson - Brooks/Cole. Belmont, CA, USA. 1104pp. 2008.
30. Voet, D. et al. Fundamentals of Biochemistry – Life at molecular level. Fourth Edition. John Wiley & Sons, Inc. 1204 pp. 2013.
31. Sonneveld, C. and Voogt W. Plant Nutrition of Greenhouse Crops. First Edition. Springer. London. 432pp. 2009.
32. Amancio, S. and Stulen, I. Plant Ecophysiology – Nitrogen Acquisition and Assimilation in Higher Plants. Volume 3. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. 304pp. 2004.



33. Haider, K and Schaffer, A. Soil Biochemistry. Science Publisher. Enfield, NH, USA. 129pp. 2009.
34. Laird, B. B. University Chemistry. McGraw-Hill. First edition. New York. 994pp. 2009.
35. Dimenstein, L. Fertirrigação e Nutrição Vegetal, Frutal edição, Fortaleza, Brasil, 118pp. 2014.
36. Wiedenhoeft, A. C. Plant Nutrition, The Green World. Chelsea House Publishers. New York, NY. USA. 2006.
37. Shabala, S. Plant Stress Physiology. CABI, 2nd Edition. Oxfordshire, UK 378pp. 2017.
38. Paye, H. S. et al. Novas tecnologias para avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. Incaper em Revista, Vitória, v.9, p. 42-50, jan/dez 2018. ISSN 2179-5304.



Manejo de Fertigación

Regla de Oro da Fertigación

Preguntas & Respuestas sobre Fertigación

Luiz Dimenstein

Método para cuantificar la fertigación por concentración

