

El Manejo de Fertilizantes a Través de los Sistemas de Riego:

FERTIRRIGACION (Parte I)

Por: Albert (Al) Ludwick

La Fertiirrigación se puede definir como la aplicación de nutrientes para las plantas utilizando los sistemas de irrigación de cultivos.

Aún cuando este término ha adquirido popularidad en los últimos años, el disolver productos fertilizantes en el agua de riego es un proceso conocido desde hace mucho tiempo. En California, por ejemplo, se disolvía sulfato de potasio en el agua de riego utilizada en huertos de Cítricos desde 1928. La aplicación de amoníaco anhidro a través del riego se conoce desde 1932, fue así que se acuñó el término “nitrogación”. En México, la nitrogación representa una práctica agrícola conocida desde hace más de 40 años. Sin embargo, la primera aplicación de fertilizante químico comercial a través de un sistema de riego por aspersión no fue reportada sino hasta 1958. Hoy en día, la aplicación de soluciones y suspensiones de productos agroquímicos y fertilizantes a través de sistemas bien calibrados de inyección y bombeo es un hecho. El manejo de la Fertiirrigación ha demostrado su eficiencia y precisión a través del tiempo en muchos lugares del mundo, especialmente durante las últimas dos décadas.

Para que la fertiirrigación sea realmente efectiva es necesario comprender algunas características importantes del cultivo. Es muy necesario conocer los hábitos de crecimiento de la especie vegetal a cultivar. Por ejemplo: es importante satisfacer los requerimientos nutricionales diarios de la planta, saber acerca del tipo de raíz o sistema radicular y la variación estacional en la absorción de nutrientes entre otras cosas. Además, el manejar los conceptos básicos de la química del suelo, la solubilidad y la movilidad de los nutrientes esenciales para la vida de las plantas es muy útil para optimizar el manejo de nutrientes en fertiirrigación. Es importante también, conocer acerca del agua utilizada

como vehículo de los nutrientes para las plantas; su pH, sales disueltas, toxicidad de algunos iones, compatibilidad de los productos a mezclar, etc..

La necesidad de riego es el factor más importante a considerar cuando se diseña un programa de fertiirrigación, ya que el equipo instalado tiene como objetivo principal el llevar agua en el momento y cantidades adecuadas para el óptimo desarrollo del cultivo. Un buen diseño del sistema de riego incrementará la eficiencia de la fertiirrigación. A continuación se presentarán algunas consideraciones de importancia si se busca lograr los máximos beneficios de la fertiirrigación.

Consideraciones Nutrimientales N, P & K.

El Nitrógeno es el nutriente que se “inyecta” con más frecuencia en los sistemas de fertiirrigación. Esto es debido a que se requieren cantidades relativamente grandes de este nutriente por todos los cultivos; es muy móvil en el suelo (en la forma de nitrato) y por lo tanto puede ser lavado. Además, existen muchos productos nitrogenados altamente solubles en el mercado. Debido a lo anterior, el nitrógeno ha sido el nutriente para las plantas de mayor interés para el agricultor y también es el que ha generado mayor preocupación con respecto al mantenimiento de la integridad del medio ambiente. Muchos estudios han demostrado que para evitar el lavado de N hacia los mantos acuíferos, así como aumentar la eficiencia de absorción de N por el cultivo, es muy recomendable dividir las aplicaciones de N a través del desarrollo de la planta. Una manera muy conveniente de hacer esto es a través de la fertiirrigación. Existe información disponible en relación a la cantidad de nutrientes requeridos por diferentes cultivos durante su desarrollo. La tabla 1 presenta ejemplos de dos cultivos, pepino y chile. El agricultor que utiliza la fertiirrigación puede variar la “alimentación” que recibe su cultivo, cambiando la cantidad de fertilizante que aplica en cada riego. Estas prácticas ya son utilizadas en cultivos de alta densidad económica como lo son las hortalizas y frutales; sin embargo, este

mismo principio se puede aplicar a cualquier especie vegetal.

Tabla 1.- Requerimientos de Fertiirrigación con Nitrógeno ¹.

Cultivo	Etapas de Desarrollo	Req*. N Kg/ha/sem
Pepino	Vegetativa	5-10
	Flor/ amarre de fruto	10-20
	Llenado de fruto	10-15
	Primera cosecha	5-10
Chile	Vegetativa	5-10
	Flor/ amarre de fruto	15-25
	Llenado de fruto	15-20
	Primera cosecha	5-10

*Requerimientos por semana altos representan la fertiirrigación necesaria en suelos con bajo nivel de N residual y/o altas temperaturas (crecimiento rápido).

¹ Condiciones de California.

En cuanto a los productos a utilizar, se debe considerar siempre su calidad y solubilidad. La urea de bajo biuret (desbiuretizada) y las soluciones de nitrato de amonio son las fuentes nitrogenadas más usadas en fertiirrigación. No se recomienda la aplicación de amoníaco anhidro o cualquier otro fertilizante que contenga ión amonio libre a través de un sistema de aspersión. La combinación de altas temperaturas y urea en aplicaciones foliares en frutales o en aspersiones utilizando altas concentraciones puede causar daño por quemaduras al liberarse algo de ión amonio. Los sistemas de aspersión deben de calibrarse de acuerdo al cultivo a fertilizar; la sensibilidad a las quemaduras foliares por fertilizantes debe de estar bien determinada bajo las condiciones particulares de cada región.

La tabla 2 presenta las ventajas al fraccionar las aplicaciones de N en maíz, siete aplicaciones de soluciones de N contra 2 aplicaciones en banda. Como ya se mencionó anteriormente, el fraccionamiento de las aplicaciones de N según las necesidades del cultivo aumentan la eficiencia del uso del fertilizante.

Tabla 2.- Efecto de Aplicaciones Múltiples de Nitrógeno en Maíz Bajo Riego.

Momento de Aplicación	Momento de Última* Aplicación	No. de aplicaciones	Rend. Relativo %
Pre siembra + 2 aplicac. Cada dos Semanas ¹	8	3	72
	12	7	100

*Semanas después de la emergencia.

¹ Aspersor inició después de la emergencia.

Fuente: F.M. Rhoads, U. de Florida, Quincy.

Lo anterior también es cierto para el P y el K. Suplementar a la solución del suelo con P y K durante épocas de alta demanda por el cultivo ayuda a evitar deficiencias a mitad de la temporada de desarrollo del cultivo. La fertiirrigación puede ser realmente útil en cultivos que requieren altas cantidades de nutrientes en momentos breves de tiempo (floración, llenado de fruto, movilización de azúcares) o cuando se tiene un suelo que fija grandes cantidades de P y K. Las tablas 3 y 4 presentan la absorción de N y K para maíz y algodón a través del tiempo.

Tabla 3.- Nutrientes absorbidos por 11,300 kg/ha de maíz.

Días después de la Emergencia	% de Absorción	
	N	K
0-25	8	9
26-56 (flor)	35	44
51-75	31	31
76-100*	20	14
101-125	6	2

*Llenado de grano

Tabla 4.- Nutrientes absorbidos por una Cosecha de 1.5 Pacas de Algodón

Etapas de Desarrollo del Cultivo	% de Absorción	
	N	K
Plantula	6	5
Floración temprana	14	19
Belloteo temprano	42	36
A Madurez	38	40

Fuente: Universidad de California

El fósforo tiene muy poca movilidad dentro del suelo, así que el “lavado” de este nutriente no representa un problema como se vio con el N. Sin embargo, las aplicaciones de P a mediados de la temporada pueden ser de utilidad en algunas situaciones (tabla 5). La aplicación de P al voleo, sin incorporarlo, queda en la superficie del suelo. El fósforo no va a penetrar más que unos pocos centímetros con el agua de riego. Así, el aplicar fósforo a través de un sistema de aspersión puede ser muy ineficiente.

5.- Las Aplicaciones de P a la mitad de la Temporada Incrementan el Rendimiento de Papa

P ₂ O ₅ , Kg/ha		Rendimiento de Tubérculo ton/ha		
Pre-siembra	Mitad Temp*	Número 1.		
		Total	Total	> 280 g
0	0	52.3	33.4	10.3
150	0	51.5	42.9	14.6
150	100	58.2	48.6	21.8

*La aplicación a Mitad de Temporada fue como 10-34-0 o 12-62-0 en Julio 25. El nivel de P del suelo = bajo.

Fuente: USDA-ARS, Kimberly, ID.

Por otro lado, la aplicación de P a través de sistemas de riego por goteo puede incrementar significativamente la absorción de P por la planta ya que concentra el fertilizante en la zona de mayor humedad y desarrollo de raíces. Además, comparaciones del movimiento de P en el perfil del suelo han mostrado que cuando se utilizan sistemas de goteo la profundidad alcanzada es mucho mayor que cuando se utiliza cualquier otro sistema de riego.

Tabla 6.- Distribución del Acido Ortofosfato Aplicado Directamente Abajo del Emisor en un sistema de Riego por Goteo en un Suelo Franco Arcilloso

Profundidad del Perfil cm	P ₂ O ₅ , 15 kg/ha	P ₂ O ₅ , 90 kg/ha
	P Soluble-bicarbonato, kg/ha	
0-5	20	687
5-10	5	506
10-20	0	55
20-25	0	43
25-30	0	10

El movimiento horizontal del P fue menor que el movimiento vertical.

Fuente: Rauschkolb, University of California

Recuerde, la movilidad del fósforo esta relacionada con su concentración y su contacto con el suelo. Así, entre más concentrado y en menor contacto con el suelo esté el P, su movilidad a través del perfil del suelo será mayor. La tabla 6 muestra un movimiento significativo de P a profundidades entre 25-30 cm en un suelo franco utilizando riego por goteo.

El movimiento de diferentes fuentes de P se ilustra en la tabla 7 para varios sistemas de cultivo. Las soluciones de fosfato amónico y el ácido fosfórico son las fuentes más comunes de P usadas en fertirrigación. Su principal limitación es la susceptibilidad de estos productos para formar precipitados en aguas con alto contenido de calcio.

Tabla 7.- Fuentes de Fertilizante Fosforado Usado en Fertirrigación por Goteo

Fuente de P (pH)	P Dosis kg/ha	Suelo	Cultivo	Prof Mov* cm
K ₂ HPO ₄ (10.1)	129-532	Arena	Tomate	30-40
H ₃ PO ₄	112	Arena	nada	60
	113	Franco	nada	20
DAP (8.0)	sin rep	Franco-Arcilloso	Manzana	60
	620 ppm	Arcilloso	nada	15
	620 ppm	Areno-Franco	nada	30
MAP(3.5)	2	Franco-Arenoso	Flores	20
APP (6.2)	185	Areno-Arcilloso	Manzana	90

* Profundidad de Movimiento del Fósforo.

Fuente: R.L. Mikkelsen, 1989, Journal of Production Agriculture

MAP = Fosfato monoamónico; DAP = Fosfato di amónico;

APP = Poli fosfato de amonio

En la fertiirrigación con potasio se ha utilizado principalmente cloruro de potasio (KCl) debido a su relativa alta solubilidad, independientemente de la calidad del agua utilizada. El KCl es preferido sobre otras fuentes de potasio muchas veces debido a su bajo costo. Sin embargo, en cultivos sensibles al ion cloro o donde se requiere de cantidades grandes de otros nutrientes como el caso del nitrógeno (N) o del azufre (S), otros productos pueden ser utilizados con mucha eficiencia: El nitrato de potasio (KNO₃), el sulfato de potasio (K₂SO₄) o el tiosulfato de potasio (K₂S₂O₃) son buenas fuentes de K para ser usadas a través de los sistemas de riego.

Los investigadores en la actualidad tienen mucho interés en conocer acerca de las tasas de absorción de potasio por los cultivos (i.e.- kg/ha/día). Esto sucede especialmente en lugares de alta tecnificación agrícola y en donde los suelos presentan características de alta capacidad de fijación de K. Información como la que se presenta en la tabla 8 esta constantemente bajo evaluación para conocer el mejor sistema de aprovisionamiento de K a través de la temporada de cultivo.

Tabla 8.- Tasa de Absorción de Potasio para Algunos Cultivos.

Cultivo	Periodo de Crec. Días	Rend ton/ha	Absor * K kg/ha	Dosis Diaria kg/ha/día
Algodón	75-100	1.7	62 (50%)	2.5
Tomates	0-120	73.9	504	4.3
Papas	30-90	50.4	269 (80%)	4.5
Apio	122-164	188.2	784	12.8

Fuente: UNOCAL * Absor= Absorción de K por la Planta.

El movimiento del K en el suelo es limitado y está muy relacionado a las reacciones de intercambio de cationes que presente este. El K se mueve mas que el P, pero mucho menos que el nitrato (NO₃⁻) y no se considera como un peligro de contaminación para el agua subterránea. La aplicación al voleo, sin una buena incorporación, no se recomienda debido a que la eficiencia de absorción del K por el

cultivo disminuye significativamente. Sin embargo, así como en el caso del P, aplicar K en sistemas de goteo no representa problema; al contrario, se pueden obtener grandes beneficios.

Tabla 9.- Potasio disponible en la Zona de Goteo al Inicio y Después de 2 Años de Fertiirrigación con K₂SO₄*.

Prof. cm	Inicial	Después de 2 Años	
		0	3.6 kg**/viña
0-30	199	130	2850
30-60	148	77	1520
60-90	101	48	680

* Viñedo de "Pinot noir" creciendo en suelo Franco arcilloso con gravilla. ** La fuente de fertilizante se puso en el area de goteo. Fuente : Universidad de California.

Las tablas 9 y 10 muestran una penetración significativa de K dentro del perfil del suelo cuando este se aplica a través del sistema de goteo o directamente abajo del emisor.

Tabla 10.- Distribución del Sulfato de Potasio Aplicado en riego por goteo (9 kg/árbol, 2 temporadas) en un suelo Franco arcillosos directamente abajo del emisor.

Prof. del Suelo, cm	Sin K	K en Goteo
	K Disponible en el Suelo en ppm*	
0-15	221	919
15-30	123	774
30-45	88	483
45-60	63	567
60-75	63	90
75-90	61	65

*Extracción con acetato de amonio. Fuente: Universidad de California.

Fin de la parte I

La Parte II incluirá: manejo de nutrientes, compatibilidad entre diferentes productos, sistemas de fertiirrigación, calidad del agua a utilizar, referencias bibliográficas, etc.....Búsquelo en Mayo 1997.