



Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos

Juan José Magán Cañadas

Proyecto RTA 2012-00039-C02-02
«Mejora de la Productividad y la Sostenibilidad de los invernaderos pasivos mediterráneos mediante el control del microclima en periodos fríos»



Manejo eficiente de la fertirrigación en invernaderos



Introducción

- La fertirrigación no es el factor más decisivo en cuanto al efecto sobre el desarrollo del cultivo.
- El aporte de agua y fertilizantes en fertirrigación suele estar basado en la experiencia, tratando de evitar deficiencias que limiten la producción.
- La fertirrigación tiene una fuerte repercusión sobre la sostenibilidad de la producción debido a los problemas de contaminación ambiental por lixiviación que puede generar.
- Para conseguir un manejo eficiente de la fertirrigación, es necesario ajustar el aporte de agua y nutrientes a los requerimientos del cultivo.
- Para abonar bien primero hay que regar bien.



Estrategias de manejo de la fertirrigación

- Manejo prescriptivo: aporte en base a las necesidades teóricas calculadas mediante modelos
- Manejo correctivo: ajuste del aporte en base a síntomas o medidas en suelo/planta
- Manejo prescriptivo-correctivo: calculo del aporte según las necesidades teóricas y corrección en parcela según indicadores en planta/suelo

Manejo prescriptivo del riego: cálculo de la ETc

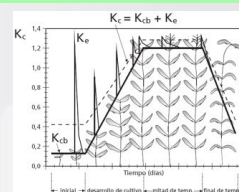
$$ETc = ETo \times Kc$$

ETo
Kc
Clima
Cultivo

-Radiación
-Viento
-Temperatura y
Humedad

Evaporación suelo

Tipo de cultivo
Crecimiento cultivo



Manejo prescriptivo del riego: cálculo de las necesidades hídricas



- Datos climáticos de la explotación
- Datos climáticos medios
- Programación de riegos individualizada (fecha de siembra, transmisividad, frecuencia de riego, etc)

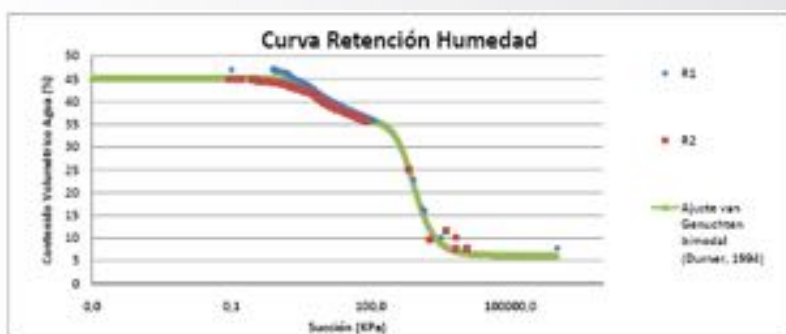
Manejo correctivo del riego: uso de sensores

- Ayudan a establecer el momento oportuno y el volumen de riego.
- Tipos de sensores:
 - Sensores que miden la humedad del suelo:
 - Sensores que miden el potencial matricial del suelo (tensiómetros, sensores de matriz granular)
 - Sensores que miden el contenido volumétrico de agua en el suelo (FDR)
 - Sensores que miden el estado hídrico de la planta



Manejo correctivo del riego: uso de sensores

En el rango de humedad del suelo que se maneja en fertirrigación, la medida del potencial matricial es más sensible que la del contenido volumétrico de agua.



Manejo correctivo del riego: uso de tensiómetros

- Rango de potencial matricial
 - Otoño-invierno: -20-40 cbares, se deben evitar potenciales de -10-15 cbares.
 - Primavera: -15-30 cbares, evitar potenciales de -40 cbares que pueden provocar estrés hídrico.
 - Drenaje: -30 cbares a 25-30 cm debajo de la capa de arena minimiza las pérdidas por drenaje.
- Localización de los tensiómetros
 - Situarlo entre 0 y 12 cm del gotero.
 - Cuanto mayor sea la dosis de riego más alejado debe situarse del gotero.

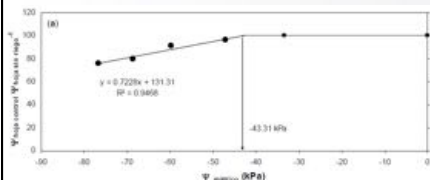


Tabla 2 Valores umbrales de Ψ_m del suelo, agua disponible para el suelo aportado (0-0.2 m) y agua disponible para el perfil completo (0.2-0.4 m) para los distintos cultivos y ciclos de desecación aplicados.

Cultivo (Ciclo de desecación)	Umbrales de déficit hídrico en planta		
	Ψ_m (kPa)	Agua disponible (%) suelo aportado	Agua disponible (%) todo el perfil
Pimiento (1)	-41.5	81	94
Pimiento (2)	-58.0	72	87
Melón (2)	-35.4	76	89
Tomate otoño-invierno (1)	-36.2	77	81
Tomate otoño-invierno (2)	-49.7	76	90
Tomate primavera-verano (1)	-49.4	73	85
Tomate primavera-verano (2)	-43.3	70	84

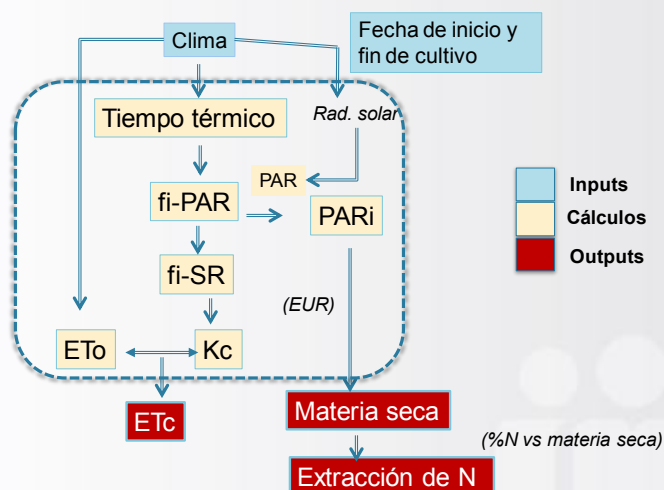
Manejo prescriptivo de la fertilización

Habitualmente se establecen recetas de abonado que no tienen en cuenta el aporte de nutrientes por parte del suelo, lo que lleva a una sobrefertilización.

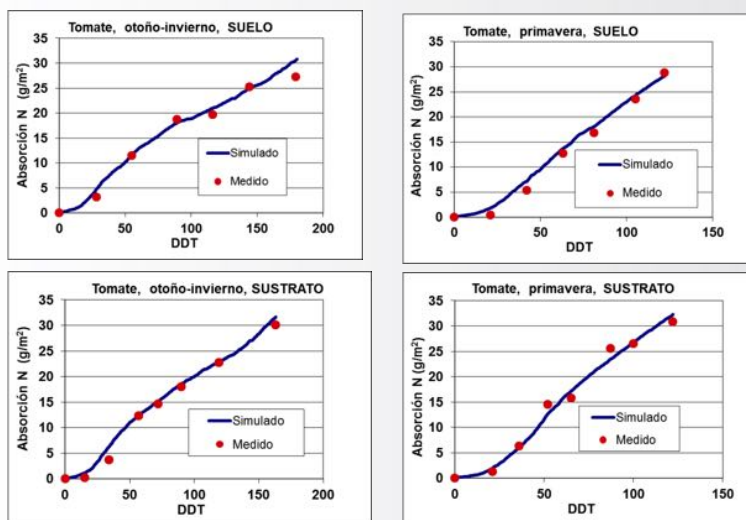
Un manejo prescriptivo optimizado de la fertilización requiere disponer de modelos que permitan estimar la absorción de nutrientes:

- Determinación de la evolución de la producción de materia seca a partir de parámetros climáticos
- Cálculo del contenido en nutrientes de la biomasa → extracción de nutrientes

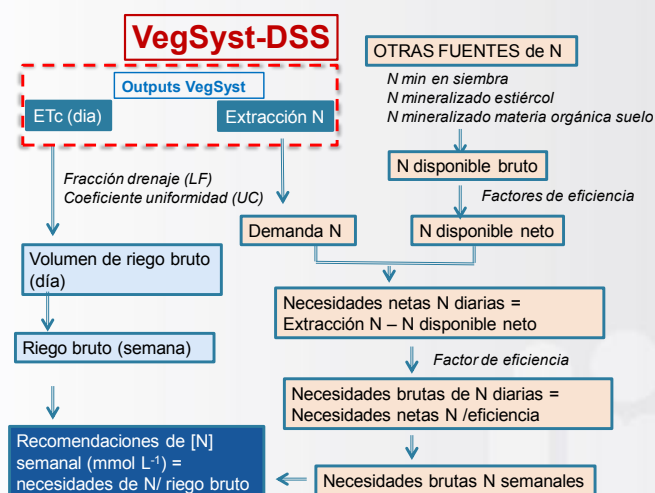
Manejo prescriptivo de la fertilización: modelo VEGSYS desarrollado para la estimación de la extracción de nitrógeno en las condiciones de los invernaderos de Almería (Gallardo y col, 2011)



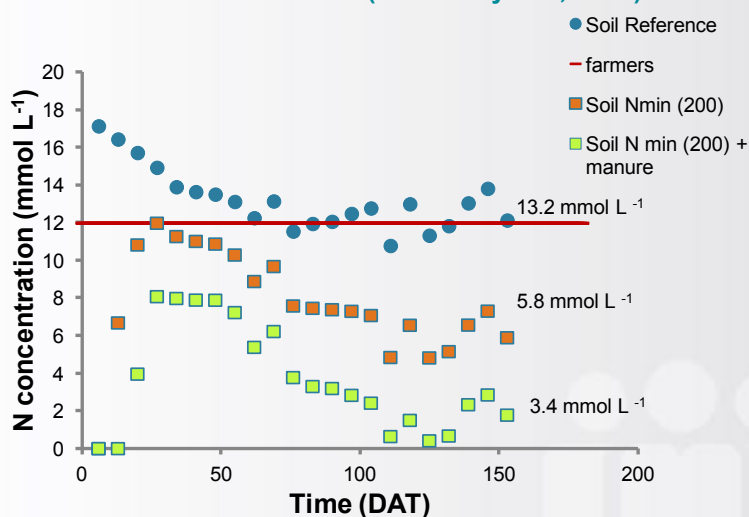
Manejo prescriptivo de la fertilización: simulación con el modelo VEGSYS de la absorción de N en tomate en suelo/sustrato y en cultivos de otoño/primavera (Gallardo y col, 2011)



Manejo prescriptivo de la fertirrigación: sistema de apoyo a la toma de decisión basado en el modelo VEGSYS para calcular los requerimientos de nitrógeno y agua en las condiciones de los invernaderos de Almería (Gallardo y col., 2014)



Manejo prescriptivo de la fertirrigación: Análisis de escenarios en tomate mediante el sistema de apoyo a la toma de decisión basado en el modelo VEGSYS (Gallardo y col., 2014)



Manejo correctivo de la fertilización: monitorización de la solución del suelo

La monitorización de la solución del suelo se puede realizar mediante:

- Extracción de la solución del suelo (extracto saturado, extracto 1:2, etc)
- Extracción directa de la solución mediante sonda de succión / Rhizon

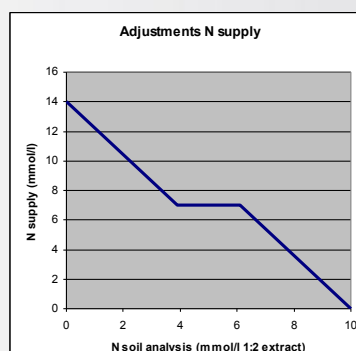
Ventajas de la extracción directa de la solución del suelo frente al extracto del suelo:

- Extracción in situ de la disolución del suelo, sin diluciones
- Permite conocer la composición iónica de la disolución mediante análisis
- Extracción de la muestra sencilla y poco costosa, sin alteración del suelo
- Análisis rápido y barato



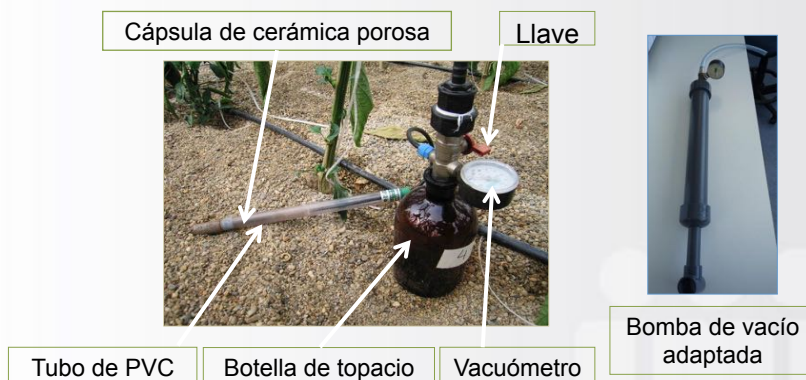
Manejo correctivo de la fertilización: extracto 1:2 (suelo:agua)

- Se usa ampliamente en Holanda en cultivos de invernadero en suelo para valorar el contenido de nitrógeno y otros nutrientes, así como la CE.
- Durante el cultivo se utiliza para ajustar la solución nutritiva:
 - Se establece una solución nutritiva estándar para cada cultivo
 - La solución se ajusta de acuerdo a la concentración en el extracto 1:2



Manejo correctivo de la fertilización: sondas de succión

- La cápsula cerámica porosa se posiciona en la zona de máxima densidad de raíces (10-20 cm de profundidad)
- Se aplica vacío a -60 kPa durante 12-24 horas.
- Se utiliza en suelos húmedos.
- Existe variabilidad espacial.



Manejo correctivo de la fertilización: sondas de succión

Concentraciones medias de nutrientes para tomate en el Poniente almeriense (Lao, 1998)

	Unidades	SN	SONDA	SN/SONDA
pH		5,99	7,83	0,76
CE	dS m ⁻¹	2,4	2,9	0,82
Nitratos	mMol L ⁻¹	11,67	12,69	0,92
Amonio	mMol L ⁻¹	1,59	0,69	2,30
Fosfatos	mMol L ⁻¹	1,26	0,22	5,73
Potasio	mMol L ⁻¹	7,94	6,02	1,32
Calcio	mMol L ⁻¹	3,52	5,55	0,63
Magnesio	mMol L ⁻¹	1,99	4,23	0,47
Sodio	mMol L ⁻¹	4,55	6,89	0,66
Cloruros	mMol L ⁻¹	4,79	7,34	0,65

Manejo correctivo de la fertilización: sondas de succión

- Resulta conveniente determinar con frecuencia la concentración de los iones principales (especialmente nitratos y potasio) en la solución del suelo, con el fin de detectar rápidamente cambios en la absorción de nutrientes.
- Estas determinaciones se pueden llevar a cabo mediante equipos portátiles de análisis rápido.

Patrón calibración
2,42 mmol L⁻¹ NO₃⁻

Patrón calibración
32,26 mmol L⁻¹ NO₃⁻

Sensores

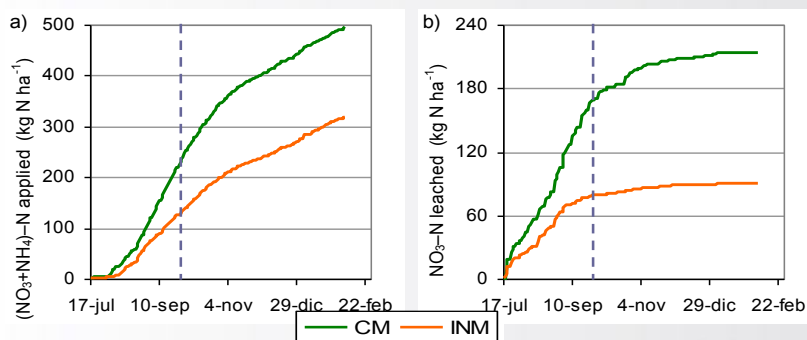
Botón de
medida

Botón de
calibración

Pantalla de lectura



Evaluación de una estrategia de manejo prescriptivo-correctivo de la fertirrigación (Granados, 2011)



- La consideración de un manejo prescriptivo-correctivo en pimiento supuso una reducción del aporte de N del 36% respecto al tratamiento convencional.
- El N-NO_3^- total lixiviado fue un 58% menor.
- En cultivo de melón la reducción del aporte y la lixiviación de N fue del 28 y 72%, respectivamente.

Manejo correctivo de la fertilización: análisis de savia

- El análisis de savia es un indicador del estado nutricional del cultivo en el momento del muestreo.
- Estudios recientes han sugerido la existencia de relaciones lineales entre la concentración de nitratos en savia y el Índice de Nutrición de Nitrógeno similares para cultivos de tomate desarrollados en condiciones muy diferentes.

