ITEA (1997), Vol. 93V N.º 2, 104-115

NUTRICIÓN HÍDRICA Y MINERAL EN EL CULTIVO DE PEPINO (cv. ALASKA) SOBRE LANA DE ROCA. INTERRELACIÓN IÓNICA

C. Egea
R. Madrid
A.L. Alarcón
F.J. Sánchez

Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Química.
Universidad de Murcia
Apartado 4021. 30080

RESUMEN

Se estudia la nutrición hídrica y mineral en cultivo de pepino (var. Alaska) desarrollado en invernadero, sobre lana de roca, mediante seguimiento de la absorción neta diaria de agua y nutrientes por la planta a partir de los cambios que se originan en las disoluciones nutritiva y de drenaje, para establecer la demanda de la planta en cada nutriente y la relación entre la captación de cada ion respecto a los restantes bajo las condiciones agroclimáticas del experimento. La absorción acumulada de agua y nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo, a partir de los 18 días del transplante, se ajusta bien a curvas cuadráticas, creciendo constantemente la velocidad de absorción con el desarrollo de la planta (término cuadrático positivo). Las pendientes de las curvas responden a un mayor incremento de la absorción según el siguiente orden: nitratos > potasio > calcio. Los resultados demuestran que el agua absorbida influye con elevado coeficiente estándar sobre la absorción de los sulfatos, fosfatos y sodio. La absorción de nitratos influye sobre la de calcio, magnesio y cloruros, mientras que la de potasio está relacionada con la absorción de amonio mientras que la de calcio influye sobre la absorción de nitratos.

Palabras clave: Nutrición mineral, Pepino, Cultivo sin suelo, Relaciones iónicas.

SUMMARY

HYDRIC AND NUTRIENT ELEMENT NUTRITION OF CUCUMBER CROP (cv. ALASKA) ON ROCKWOOL. IONIC INTERRELATIONSHIPS

The hydric and nutrient element nutrition of cucumber plants (cv. Alaska) cultivated in a greenhouse on rockwool, was studied by following the daily net uptake by the plant of nutrient elements and water and the changes occurring in the nutrient solution and drainage solution in order to stablish the actual demand of the plant for each nutrient element and the relation between the uptake of each ion with the uptake of other ions under the agriclimatic conditions of this experiment. The accumulative uptake of water and nutrient elements by plants over the whole cultivation period, from 18 days after transplanting, fits quadratic curves, since the absorption rates increase constantly as the plant develops (positive quadratic term). The slopes of the curves corresponding to nutrient element uptake increased in the following order: nitrate > potas-

sium > calcium. The results demostrate that water uptake is closely related with sulphate, phosphate and sodium ion uptake. The absorption of nitrate was related to the uptake of calcium, magnesium and chloride; the potassium uptake was related to the uptake of ammonium and the calcium uptake is related with nitrate ion uptake.

Key words: Mineral nutrition, Cucumber, Rockwool culture, Ionic interrelationships.

Introducción

El pepino holandés (Cucumis sativus L.) parece imponerse en el sureste español como cultivo en el ciclo otoño-invierno. En este período, el cultivo del pepino holandés se desarrolla en condiciones climáticas subóptimas en invernaderos de polietileno sin calefacción (CASTILLA *et al.*, 1990), debido principalmente a las bajas temperaturas nocturnas (menos de 10 °C) existentes el interior de los invernaderos no calefactados. Se deben mantener las temperaturas extremas en el invernadero entre 10 y 27 °C y no sobrepasar el 70 % de humedad relativa (CASTILLA y BRETONES, 1983).

Rendimientos de 7-10 kg/m^2 se consideran valores medios para cultivos en suelo con ausencia de calefacción (NAREDO y LÓPEZ-GÁLVEZ, 1992). PEÑASOLA y SARRO (1993) obtuvieron frutos de más peso y mejor absorción potásica, suministrando nitrógeno amónico en las primeras 3-6 semanas, aportando después todo el nitrógeno como nitrato; otros investigadores han estudiado la conveniencia de aplicar parte del nitrógeno en forma amónica (ALAN, 1989; DU *et al.*, 1989). Un exceso de nitrógeno no aumenta la cosecha, 38 kg/m^2 de nitrógeno mineral bastan para cubrir las necesidades del cultivo (CASTILLA *et al.*, 1990; CANTLIFEE, 1977).

La planta puede absorber suficiente cantidad de nutrientes de soluciones con bajas concentraciones de los mismos, siempre que la solución fluya y se eviten vacíos locales de determinados elementos en el entorno radical. El pepino requiere gran cantidad de agua, aunque pequeños déficits no influyen en la producción, e inducen una mayor precocidad de las cosechas (CASTILLA *et al.*, 1990). El pepino es un cultivo muy sensible a las sales, sobre todo a los cloruros (MARTÍNEZ y CERDÁ, 1987). Los requerimientos nutricionales pueden calcularse a partir del análisis de la planta (hojas) y las disoluciones nutritivas y drenaje, quedando influenciados por el sustrato y las condiciones ambientales (ADAMS *et al.*, 1989; BAKER y SONNEVELD, 1988).

El presente trabajo pretende establecer la demanda real de cada nutriente a lo largo del ciclo de cultivo, así como la relación de dependencia de la absorción de cada nutriente con los demás y contribuir a la optimización de la nutrición hídrica y mineral del cultivo de pepino (cv. Alaska) sobre lana de roca, elevando la producción y la calidad de las cosechas bajo condiciones controladas de temperatura y humedad.

Material y métodos

El ensayo se llevó a cabo en un invernadero del paraje de La Mojonera en Almería, cultivado con pepino holandés de la variedad Alaska. La planta es vigorosa y con pocos brotes laterales.

Los regímenes de temperatura y humedad relativa se controlan mediante calefacción, refrigeración y ventilación automatizadas. La humedad relativa se mantuvo en 60-80 % y el intervalo de temperatura fue 15-28 °C durante el día y por encima de 13 °C durante la noche.

Dentro del invernadero se delimitó una parcela experimental de 200 m^2 de superficie, estableciendo 16 hileras con ocho plantas en cada una, distribuidas en cuatro bloques con límites perfectamente reconocibles, se consideran tres líneas con 24 plantas por bloque, no considerando en el estudio las dos lineas extremas de ambos lados de la parcela experimental.

Se sembró el 20-8-92, se transplantó el 10-9-92 y la plantación se levantó el 15-1-93, con 127 días de desarrollo del cultivo. La siembra se realiza en tacos de lana de roca, las plantas permanecen en el semillero hasta tener 2-3 hojas verdaderas; los tacos se colocan directamente sobre el sustrato de lana de roca que es atravesado por la solución nutritiva mediante percolación de forma discontinua y sin recirculación de la misma, siendo aportada por piquetas de goteo (2 l/h), una por planta. El marco de plantación fue de 1,5 plantas/m^2.

El agua de riego es de buena calidad, con contenidos en cloruros (175,5 mg/l) y sodio (119,6 mg/l) algo elevados, bajos contenidos en sulfatos (68,2 mg/l), calcio (58,1 mg/l), magnesio (32,8 mg/l) y potasio (5,1 mg/l), pH alto (8,20), debido a la presencia del ion bicarbonato (244,0 mg/l), y baja conductividad eléctrica (CE, 0.90 dS/m a 25 °C). La frecuencia de riego se establece mediante una bandeja de riego por demanda, consistente en dos electrodos fijados a altura conveniente del suelo de la misma. La altura de los electrodos se regula según el porcentaje y CE del drenaje, desarrollo del cultivo y condiciones climáticas, a fin de obtener el porcentaje de drenaje óptimo. De este modo, se aporta la cantidad de solución nutriente que las plantas demandan en cada momento, de acuerdo con su transpiración. Se colocan dos tablas de lana de roca y dos plantas por tabla en la bandeja, que actúa de control para el resto de la parcela.

Los ciclos de fertirrigación son de 3-4 riegos diarios hasta el asentamiento de las plantas (20 días), momento en que comienza a funcionar la bandeja que fija la frecuencia y dosis de riego. Se controla el equilibrio nutricional y CE en el sustrato, mediante análisis de las soluciones nutritiva y de drenaje, lo que junto a la sintomatología de la plantación y los análisis foliares periódicos, permite adecuar y controlar la nutrición mineral de la planta.

Las determinaciones analíticas llevadas a cabo, según los métodos descritos por CHAPMAN y PRATT (1979) y el M.A.P.A. (1994), han sido las siguientes: pH y CE; cloruros (valoración potenciométrica); sulfatos (mediante precipitación de los sulfatos con bario y posterior medida de la turbidez espectrofotométricamente, ABRISQUETA, 1962); nitratos, fosfatos y boro (medida espectrofotométrica VIS-UV); amonio (destilación del NH_3 en medio ligeramente básico y valoración posterior); carbonatos y bicarbonatos (medida potenciométrica); calcio, magnesio, hierro, manganeso, cinc y cobre (espectroscopía de absorción atómica) y potasio y sodio (espectroscopía de emisión). Para los análisis foliares se efectúa previamente una digestión vía húmeda con mezcla nítrico-perclórica (ULRICH y HILLS, 1967). El nitrógeno total de las hojas se determina por el método Kjeldahl semimicro.

Resultados y discusión

La producción fue de 14,0 kg/m^2 de frutos de primera calidad, es decir, con las características siguientes: color verde oscuro, con algo de brillo, recto, de 20 a 30 cm, con cuello corto, algo estriado, con pocas o ninguna espina y peso entre 400 y 500 gramos. La producción total fue de 15,3 kg/m^2, con un peso medio por fruto de 470 g entre la producción de primera calidad. Estos valores son excelentes comparados con los niveles normales de cultivos en suelo bajo invernaderos no climatizados, lo que da idea del incremento en producción y calidad que genera el cultivo sin suelo (sobre lana de roca en este caso), unido a la calefacción del invernadero.

La aportación media por riego fue de 350 cm^3/m^2. El número medio de riegos diarios fue aumentando progresivamente con la evolución del cultivo hasta alcanzar de 9-10 riegos por día en la última fase de la plantación. El porcentaje de drenaje y el número medio de riegos diarios, establecidos por la bandeja de riego, se muestran en el cuadro 1

En general, el drenaje se encuentra entre el 35 % y el 40 % de la solución nutritiva aportada, este exceso de riego se hace necesario para compensar la heterogeneidad que representa la distribución del riego y las condiciones microclimáticas que determinan diferencias en la absorción de nutrientes por las plantas, y para lavar el exceso de iones fitotóxicos (Na^+ y Cl^- principalmente) que se acumulan progresivamente en el sustrato.

Los análisis frecuentes de la solución de drenaje se hacen imprescindibles, sobre todo cuando se tiene escasez de agua o ésta es de mala calidad. Con un exceso de riego con agua de buena calidad se podría mantener el equilibrio deseable en el sustrato evitando la acumulación de los elementos menos absorbidos, con la garantía de una buena nutrición hídrica y mineral, bastaría con hacer análisis periódicos de control. Pero hoy día, en el levante español, el agua es escasa, cara y de baja calidad, siendo necesario un frecuente ajuste del suministro de agua y nutrientes, con el fin de minimizar sus pérdidas.

La solución nutriente real (figura 1) se puede representar por la media entre lo aportado y lo drenado ((SN+SD)/2). Durante el riego y al finalizar éste, la planta absorbe agua y nutrientes de la solución nutritiva; con el tiempo, la concentración de la solución nutriente se aproxima a la de drenaje y antes del siguiente riego, la planta absorbe una solución de composición parecida a la solución drenaje final. Esta media se ha utilizado para el ajuste periódico de la solución nutritiva aportada, ya que se com-

CUADRO 1
NÚMERO MEDIO DE RIEGOS DIARIOS Y PORCENTAJE DE DRENAJE, DESDE EL MOMENTO DEL TRANSPLANTE

Días desde el transplante	0-20	21-35	36-51	52-65	66-81	82-127
Media de riegos diarios	3.5	7	11	10.5	9.5	9.5
% Drenaje	85	65	42.5	37.5	32.5	35

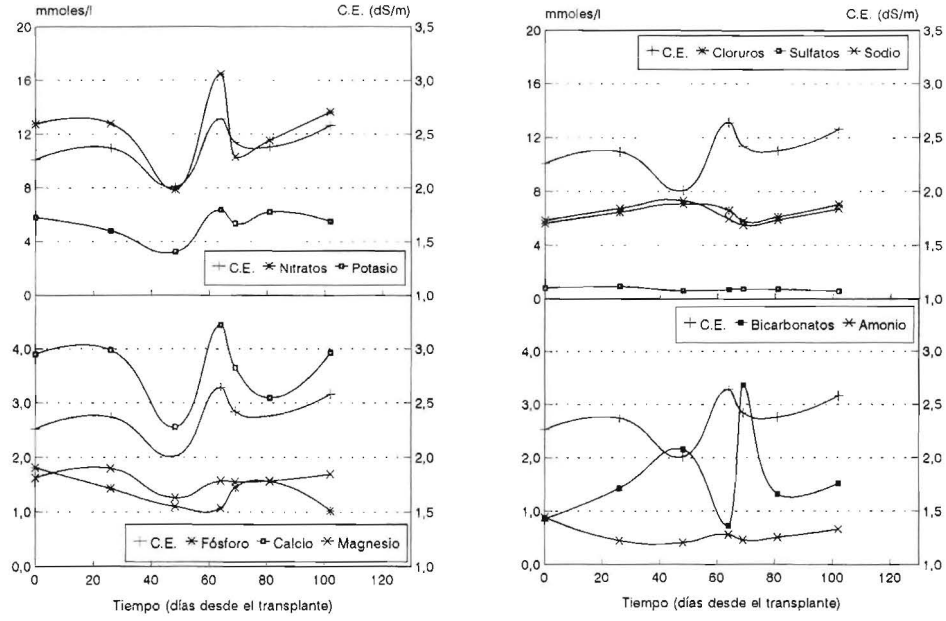


Figura 1. Evolución de los valores medios reales de C.E. y nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo

prueba que constituye un modelo más eficaz que el seguimiento de los valores absolutos de los drenajes o de los niveles foliares.

Los nitratos siguen una trayectoria similar a la de la CE, con un nivel algo bajo en torno a los 50 días desde el transplante. El potasio sigue la curva de la CE bastante bien hasta los 70-75 días, para luego tener una trayectoria prácticamente inversa. El calcio, y el magnesio en menor medida, siguen la curva de la CE. El fósforo, por las características de su absorción sigue una curva bastante peculiar, con un máximo a los 70-80 días. Los cloruros y el sodio presentan curvas prácticamente idénticas, en forma y niveles de concentración, debido a la presencia de cloruro sódico en el agua de riego, la no adición en el programa de riego fertilizante y la escasa absorción de estos elementos por parte de la planta. Los sulfatos, al ser escasos en el agua de riego, mantienen un nivel bajo y constante en la solución nutriente real. Los bicarbonatos siguen, debido a los reequilibrios del CO^2 disuelto, la curva descrita por el pH, y que prácticamente es opuesta a la de la CE, mientras que el amonio mantiene niveles más o menos constantes en torno a 0,5 mmoles/l.

Conociendo los resultados analíticos de las soluciones nutritiva y de drenaje durante el ciclo completo del cultivo, la aportación media por riego, el número medio de riegos diarios y el porcentaje de volumen drenado, se puede calcular la cantidad de agua y nutrientes aportados y drenados por la plantación a lo largo del ciclo de cultivo. En el cuadro 2 se presentan los niveles de agua y nutrientes aportados y drenados diariamente, para cada planta a lo largo del ciclo de cultivo (127 días). Los bicarbonatos no son

CUADRO 2
APORTACIONES Y DRENAJES MEDIOS DIARIOS DE AGUA (L/PLANTA Y DÍA) MACRONUTRIENTES (MMOLES/PLANTA Y DÍA) Y MICRONUTRIENTES (MOLES/PLANTA Y DÍA)

Agua y nutrientes aportados por planta y día

T	H_2O	Cl^-	SO_4^{-2}	NO_3^-	NH_4^+	P	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
18	1,18	6,63	0,96	15,02	1,05	2,14	4,60	1,91	6,89	6,84	34,7	12,6	1,8	3,7	16,4
34	2,01	13,27	1,45	25,73	1,45	2,59	7,10	2,87	10,69	10,83	40,2	29,1	7,6	4,8	45,8
56	2,47	11,66	2,10	38,36	2,27	2,91	10,00	3,04	10,52	16,60	46,9	44,0	6,7	4,2	45,7
68	2,31	10,28	1,80	27,00	2,13	3,88	8,11	2,96	9,31	13,70	57,3	39,5	6,5	3,2	44,4
73	2,23	10,10	1,76	24,49	2,05	4,19	5,66	2,85	10,30	16,28	75,2	34,6	4,9	3,1	40,1
82	2,22	9,55	1,64	33,30	2,58	3,26	9,24	3,11	9,48	14,81	42,6	22,9	4,4	3,8	28,6
102	2,22	9,35	1,33	33,79	1,07	3,86	8,10	3,20	9,32	14,32	67,0	24,6	4,7	2,4	46,0

Agua y nutrientes drenados por planta y día

T	H_2O	Cl^-	SO_4^{-2}	NO_3^-	NH_4^+	P	Ca	Mg	Na	K	Fe	Mn	Zn	Cu	B
18	0,90*	6,57 ns	0,94 ns	11,55*	0,00***	0,94*	3,65*	1,78*	6,87 ns	3,45*	33,5 ns	3,0*	0,8 ns	2,2 ns	10,8**
34	1,13 ns	8,52*	0,58*	3,33 ns	0,11*	1,02*	1,80 ns	1,23 ns	10,53 ns	1,23 ns	31,0*	2,5 ns	1,1 ns	0,0***	10,4*
56	0,95**	8,03*	0,53***	16,51 ns	0,19 ns	0,91*	4,59 ns	1,81**	7,28*	5,70 ns	28,5 ns	13,7 ns	2,4 ns	1,6 ns	21,9 ns
68	0,79*	5,63*	0,56**	7,03**	0,00***	0,96*	2,99**	1,49*	5,50**	3,78**	19,0 ns	2,4 ns	1,7*	0,7 ns	38,6 ns
73	0,73**	5,61**	0,47*	8,83**	0,07 ns	0,90**	2,66*	1,36*	5,20*	3,74***	43,7 ns	6,1 ns	1,1 ns	1,3*	20,5 ns
82	0,75**	7,33 ns	0,32 ns	9,21**	0,12*	0,42 ns	2,78*	1,48**	6,86*	3,26*	31,3*	4,6*	0,7 ns	1,0 ns	0,9 ns
102	0,78**	5,51**	0,45*	11,34*	0,00***	0,83*	3,29 ns	1,58*	5,37**	5,02*	38,2 ns	7,3 ns	1,2*	0,9 ns	5,3 ns

T: tiempo (días desde el transplante).

*** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; ns no significativo al nivel de probabilidad P = 0,05.

considerados, ya que su concentración varía según el pH de la solución, debido a sucesivos reequilibrios del CO_2 disuelto. El estudio estadístico se realiza solamente para el drenaje, ya que la solución nutritiva aportada es la misma para las cuatro repeticiones.

Para la estimación de estos datos es preciso fijar un valor que determine si un nutriente se aporta en exceso o defecto. La absorción radicular es, hasta cierto punto capaz de distinguir, en mayor o menor medida, el tipo de ion que la planta necesita absorber; la absorción de un determinado nutriente está en relación directa a la cantidad disponible, si en el equilibrio nutritivo está por debajo de su valor idóneo, pueden inducirse deficiencias, y si está en exceso se pueden producir toxicidades. Tanto en un caso como en otro, la descompensación en el aporte de un determinado nutriente puede facilitar o dificultar la absorción de otros, con los problemas nutritivos que de ello se derivan.

Parece adecuado establecer como correcta la aportación de un ion nutritivo, cuando drena en torno al 40 % de lo suministrado (mismo porcentaje de drenaje que se mantiene a lo largo del ciclo de cultivo); una cantidad drenada por debajo del 30 % supondría dificultades a la hora de extraer el nutriente de la solución y habría que aportarlo en mayor cantidad, con arreglo a la demanda actual de la planta; un porcentaje drenado superior al 50-60 % indica que la planta está tomando el nutriente por ser la absorción radical no totalmente selectiva, y debería reducirse su nivel, siempre que sea posible. Este razonamiento carece de validez cuando el cultivo tiene pocos días, ya que las plantas apenas si pueden retener una mínima parte de lo que se les aporta, por ésto es aconsejable al inicio de la plantación utilizar sólo los aportes fertilizantes necesarios para alcanzar un equilibrio aceptable con las sales que contiene el agua de riego, para aumentar después gradualmente el suministro de fertilizantes a medida que las plantas se van desarrollando.

Los niveles de cloruros y el sodio, están en todo momento por encima de la demanda de la planta; los cloruros drenados representan el 55-70 % de lo aportado y el sodio el 50-70 %. Los sulfatos, el fósforo y el potasio, durante la mayor parte del ciclo de cultivo, permanecen por debajo de la capacidad de absorción de las plantas. Tal vez sería recomendable un aporte de sulfato potásico y algo más de ácido fosfórico. Los sulfatos drenados representan el 20-35 %, el fósforo el 20-30 % y el potasio el 20-35 % de las respectivas cantidades suministradas por la solución nutritiva. El calcio y el magnesio permanecen en niveles óptimos de nutrición, drenándose en torno al 35-40 % y al 50 % de lo aportado, respectivamente. El aporte nitrogenado está por debajo de la capacidad de absorción, sobre todo, tras 30-35 días desde el transplante, el resto del ciclo se mantiene alrededor del 25-40 %. Manganeso, cinc y cobre están en todo momento por debajo de la demanda. El boro aparece en exceso a los 68 días, mientras que en el tramo final del cultivo está muy por debajo de la demanda de la planta.

En la figura 2 se ha representado la evolución de la absorción de agua y nutrientes por la planta, diferencia entre lo aportado y lo drenado, pudiendo proponerse las cantidades adecuadas de cada nutriente para la correcta nutrición de la planta, según su demanda en cada momento del ciclo de cultivo. Si bien es cierto que parte del agua y los nutrientes no son utilizados por la planta (evaporación, retenciones en el sustrato, precipitaciones en las conducciones y en el sustrato, consumo por parte de los microorganismos, etc.) o incluso dentro de la misma planta pueden acumularse sin cumplir nin-

guna función metabólica específica. En cualquier caso, los resultados dan una idea bastante adecuada de la demanda por parte de la planta para cada elemento nutritivo, en cada momento de desarrollo de la plantación.

Según los consumos diarios de la planta, la alimentación hídrica sigue una curva exponencial creciente hasta alcanzar un máximo a los 60 días, para después estabilizarse en torno a 1,5 l/planta. Los nitratos siguen la trayectoria descrita para el consumo de agua, dado que la demanda de absorción era algo superior a su aporte, con un ligero descenso a los 80 días, cantidades en torno a 25 mmoles diarios por planta a partir de los 40 días después del transplante, parecen adecuados. Consecuencias análogas podrían extraerse para potasio y calcio, cifrando su consumo correcto entre 12-15 y

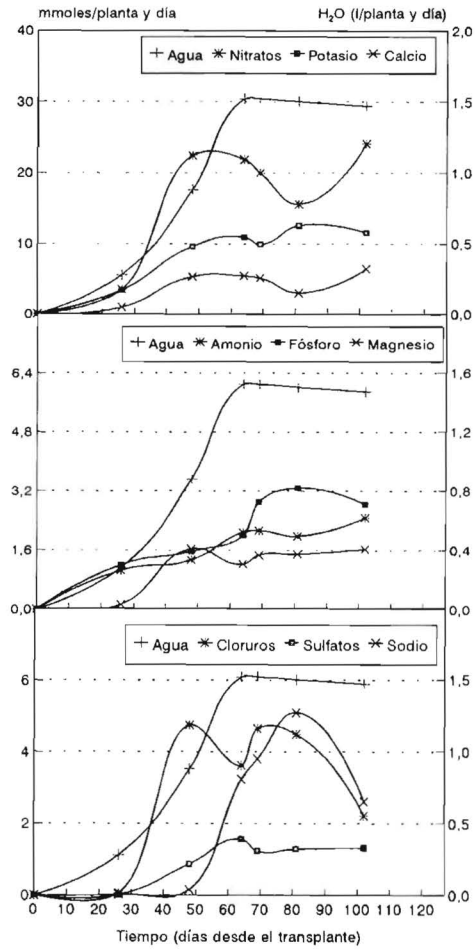


Figura 2. Evolución de la absorción por la planta de agua y nutrientes a lo largo del ciclo de cultivo

5-7 mmoles diarios por planta, respectivamente, tras los 30-40 días. El aporte de fósforo fue inferior a lo demandado, de ahí que lo adecuado resultaría entre 3-4 mmoles diarios a los 30-40 días, para estabilizarse posteriormente en 3. El magnesio mantiene unos niveles adecuados, entre 1.4-1.6 mmoles/planta y día. El amonio es rápidamente absorbido e incorporado al metabolismo vegetal, sin embargo, su mayor aporte está contraindicado por su efecto fitotóxico y el desequilibrio que generaría en el seno de la solución nutritiva al interaccionar con otros iones y modificar el pH; sigue una trayectoria peculiar que coincide con los niveles de nitrato amónico suministrados en cada momento, alrededor de 2 mmoles diarios por planta a partir de los 40 días desde el transplante, parecen adecuados. Cloruros y sodio son aportados por el agua de riego y deberían seguir la trayectoria de la alimentación hídrica de no producirse un consumo excesivo. Los sulfatos, en cambio, sí siguen la trayectoria del consumo de agua, pero a una escala inferior a la deseable, un consumo de sulfatos en torno a 2-3 mmoles por planta y día a partir de los 50 días hubiera resultado aceptable.

En la figura 3 se representan las absorciones acumuladas de agua y nutrientes por la planta a lo largo del ciclo de cultivo. Estos consumos se ajustan muy bien a curvas cuadráticas positivas a partir de los 18 días desde el transplante. El ajuste es mejor para aquellos iones que presentan un término cuadrático mayor (fosfatos, magnesio, potasio, nitratos, calcio). La mayor o menor velocidad de absorción de nutrientes por las plantas viene dada por la pendiente de la curva, que decrece según el orden: nitratos, potasio, calcio, que son los iones mayoritarios en la composición mineral de plantas de pepino en ese mismo orden.

El análisis de regresión múltiple por el método de pasos (cuadro 3), muestra como influye la absorción de un ion determinado sobre la de los demás y cuáles influyen determinantemente en la absorción de cada uno.

La absorción de agua depende de la absorción de sulfatos, fosfatos y amonio en este orden; el amonio presenta un coeficiente estándar negativo lo que significa un antagonismo con la alimentación hídrica. La absorción de nitratos depende de la de calcio y a su vez la de calcio está relacionada con la de nitratos con un coeficiente estándar muy alto (cercano a la unidad). La alimentación en potasio es dependiente de la absorción de magnesio y amonio en menor medida. La absorción de amonio está influida solamente por la de potasio con un coeficiente estándar muy alto. La absorción de fosfatos se ve influenciada por la alimentación hídrica exclusivamente. El magnesio se relaciona con nitratos y fosfatos. La absorción de cloruros está muy influida por la de nitratos y la de sulfatos por la alimentación hídrica. La absorción de sodio está muy influida por la alimentación hídrica con un coeficiente estándar muy superior a la unidad (2,2201); también se relaciona con la absorción de cloruros y amonio, que presentan un coeficiente estándar negativo, por lo que podemos indicar que se comportan como elementos antagónicos.

Si atendemos a las variables independientes observamos que la absorción de agua influye sobre la absorción de fosfatos, sulfatos y sodio con coeficientes estándar muy altos en los tres casos. La absorción de nitratos influye sobre la de calcio, magnesio y cloruros y la de potasio sobre la de amonio con un coeficiente estándar cercano a uno. La absorción de calcio sólo influye sobre la de nitratos. La absorción de ion amonio influye negativamente en la alimentación

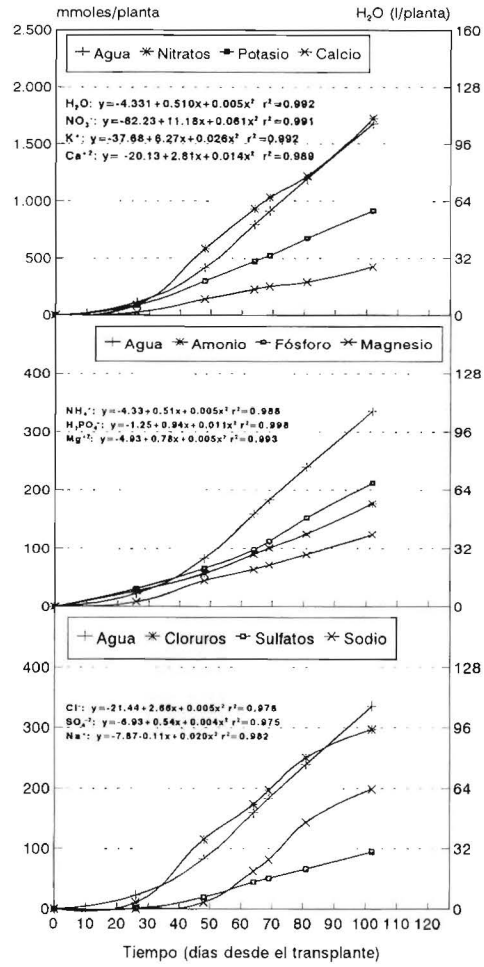


Figura 3. Evolución de la absorción acumulada de agua y nutrientes por la planta a lo largo del ciclo de cultivo

hídrica y la absorción de sodio y positivamente en la absorción del ion potasio. La absorción de ion fosfato influye sobre la absorción de agua y, con coeficiente estándar bajo, sobre magnesio. La absorción de magnesio presenta influencia sobre la absorción de potasio. Los cloruros influyen en la absorción de sodio pero con coeficiente estándar negativo, lo que nos podría llevar a pensar que se comportan antagónicamente dentro de la disolución nutritiva. Los sulfatos actúan sobre la absorción de agua y el sodio no influye para nada en la absorción de ninguno de los otros iones.

CUADRO 3
REGRESIÓN MÚLTIPLE DE LAS ABSORCIONES ACUMULADAS DE AGUA Y NUTRIENTES, SEGÚN EL MÉTODO POR PASOS

*** P<0,001; ** P<0,01; * P<0,05; n.s. no significativo al nivel P = 0,05.

Dep. V. → / Ind. V. ↓	H_2O	NO_3^-	K^+	Ca^{+2}	NH_4^+	$H_2PO_4^-$	Mg^{+2}	Cl^-	SO_4^{-2}	Na^+
H_2O	X	–	–	–	–	1,9188[1] 0,9973[2] ***	—	— ***	0,8532 0,9968 ***	4,8021 2,2201
NO_3^-	–	X	–	0,2400 0,9997 ***	–	–	0,0574 0,8059 ***	0,1739 0,9940 ***	–	–
K^+	–	–	X	–	0,1775 0,9973 ***	–	–	–	–	–
Ca^{+2}	–	4,1642 0,9997 ***	–	X	–	–	–	–	–	–
NH_4^+	-0,1134 -0,1609 **	–	2,4139 0,4296 **	–	X	–	–	–	-1,1043 –	-0,7244 **
$H_2PO_4^-$	0,3013 0,5797 ***	–	–	–	–	X	0,1949 **	0,1137 –	–	–
Mg^{+2}	–	–	4,0626 0,5720 ***	–	–	–	X	–	–	–
Cl^-	–	–	–	–	–	–	–	X	–	-0,4099 -0,5223 *
SO_4^{-2}	0,6812 0,5831 ***	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Na^+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	X
Cte.[3]	0,3963	-8,9522	-6,8415	2,3036	5,9083	6,7507	0,6081	8,3597	-1,1242	2,2477
r^2	1,000	0,999	0,999	0,999	0,995	0,995	0,999	0,988	0,994	0,994
ESE[4]	0,9413	21,4322	10,4322	5,1451	5,5412	7,5538	1,7205	16,0954	3,6625	10,9414

1. Coeficiente de la ecuación; 2. Coeficiente estándar; 3. Término constante de la recta.
4. Error estándar de la estimación.

Conclusiones

Bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa del ensayo descritas, y el agua de riego utilizada (0,90 dS/m) para un cultivo de pepino holandés sobre sustrato inerte (lana de roca) en el período de cultivo establecido, los valores óptimos propuestos a partir de los 40 días de desarrollo de las plantas son: 1,5 litros de agua y 23-27 mmoles de nitratos por planta y día, 12-15 mmoles de potasio por planta y día, 5-7 mmoles de calcio por planta y día, 3-4 mmoles de fosfatos por planta y día, 2,0-2,2 mmoles de amonio por planta y día, 1,4-1,6 mmoles de magnesio por planta y día y 2-3 mmoles de sulfatos por planta y día.

En el ensayo se encuentran las siguientes dependencias y correlaciones con altos niveles de significación (coeficientes estándar altos), en la absorción hídrica y mineral: influyentes positivamente serían el agua sobre sulfatos, fosfatos y sodio, el calcio sobre nitratos, el potasio sobre amonio, los nitratos sobre calcio, magnesio y cloruros, los fosfatos y los sulfatos sobre el agua y el magnesio sobre potasio; con coeficiente negativo serían el amonio y los cloruros sobre sodio.

Bibliografía

ABRISQUETA C., ARTES F., ROMERO M., 1962. Estudio crítico del método de Bower y Huss para la determinación de yeso en suelos calizos de Murcia. An. Edafol. y Agrobiol. 21: 531-538.

ADAMS P., GRAVES C.J., WINSOR C.W., 1989. Some responses of cucumber, grown in beds of peat, to micronutrients and pH. J. Hort. Sci. 64(3): 293-299.

ALAN R., 1989. The effect of nitrogen nutrition on growth, chemical composition and response of cucumber to nitrogen forms in solution culture. J. Hort. Sci. 64(4): 467-474.

BAKER J.C., SONNEVELD C., 1988. Calcium deficiency of glasshouse cucumber as affected by environmental humidity and mineral nutrition. J. Hort. Sci. 63: 214-246.

CANTLIFEE D.J., 1977. Nitrogen fertilizers requeriments of pickling cucumbers grown for once-over harvest. I. Effects of yield and fresh quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 102(2): 112-114.

CASTILLA N., BRETONES F., LÓPEZ-GÁLVEZ J., 1990. Caracterización del cultivo de pepino en invernadero en Almería. ITEA. 86 V(3): 131-141.

CASTILLA N., BRETONES F., 1983. El pepino en invernadero. Ed. Caja Rural Provincial, Almería. 61 pp.

CHAPMAN H.D., PRATT P.F., 1979. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Ed. Trillas, S.A., México. 195 pp.

DU Y.C., ZHANG F.M., LIU B.Z., 1989. Effects of nitrogen type on growth, development, yield and composition of cucumbers grown in sand culture. Acta Hort. Sin. 16(1): 45-50.

M.A.P.A., 1994. Métodos oficiales de análisis. Ed. Secretaría General Técnica del M.A.P.A, Madrid. 662 pp.

MARTÍNEZ V., CERDÁ A., 1987. Influencia de la fertilización nitrogenada en condiciones salinas en el cultivo de plantas de tomate y pepino. I. Rendimientos y calidad del fruto. Anal. Edaf. Agrobiol. XLVI, 1397-1408.

NAREDO J.M., LÓPEZ-GÁLVEZ J., 1992. Los cultivos bajo plástico en el área de Almería. Actas XII Congreso Internacional de Plásticos en Agricultura. Granada. B: 3-14.

PEÑASOLA J.M., SARRO M.J., 1993. Aplicación de amonio, en diferentes períodos del ciclo de cultivo, a plantas de pepino. Actas de Horticultura. II Congreso Ibérico de Ciencias Hortícolas. Vol. II, 1130-1135.

ULRICH A., HILLS F.J., 1967. Principles and practices of plants analysis, pp. 28-33. In Soil testing and plant analysis, Part II, SSSA. Special Publ. Series nº 2, Soil Sci. Soc. of Amer. Madison, Wisc.

(Aceptado para publicación el 19 de agosto de 1997)