

Artigo

Francisco Antonio Cabaleiro · María Jesús Sainz · Socorro Seoane-Labandeira · María Elvira López-Mosquera

Efectos en suelo y fruto de la fertilización de pimiento con estiércol de pollo peletizado

Recibido: 3 outubro 2017 / Aceptado: 21 decembro 2017

Resumen Se estudió la producción y calidad de pimiento tipo Lamuyo en invernadero abonado con estiércol de pollo deshidratado y granulado (BL), así como las modificaciones producidas en suelo tras su cultivo. Se estableció un cultivo de pimiento tipo Lamuyo, cultivar 'Vidi F1' para el cual se aplicaron, al azar, seis tratamientos fertilizantes (3 bancales por tratamiento): un tratamiento control que no recibió fertilización (C), aplicación de 83,3 g m⁻² del fertilizante mineral de liberación lenta, para suministrar 100 kg N ha⁻¹ (Mr), y aplicación de 4 dosis crecientes de un estiércol de pollo peletizado (BL1: 265,9, BL2: 354,5, BL3: 443,2 y BL4: 531,8 g m⁻²) para proporcionar respectivamente 60, 80, 100 y 120 kg N ha⁻¹ (BL1, BL2, BL3 y BL4). Con dosis no superiores a 265,9 g m⁻² de estiércol de pollo (BL1), se obtuvieron producciones de pimiento similares a las conseguidas con la fertilización mineral. En relación a la calidad nutritiva del fruto, el abonado, tanto mineral como orgánico, no originó diferencias significativas en el contenido de vitamina C. Los suelos abonados con el estiércol de pollo deshidratado y granulado, a cualquiera de las dosis estudiadas (BL1, BL2, BL3 y BL4), no presentaron signos de salinización.

Francisco Cabaleiro · Elvira López-Mosquera
Institute of Agricultural Biodiversity and Rural Development
(IBADER), University of Santiago de Compostela, E-27002 Lugo,
Spain

María Jesús Sainz
Department of Plant Production, University of Santiago de
Compostela, E-27002 Lugo, Spain

Socorro Seoane-Labandeira
Department of Soil Science, University of Santiago de
Compostela, Spain

Tel.: +34 982 223134
e-mail: franciscoantonio.cabaleiro@gmail.com

Palabras clave *Capsicum annuum* L., estiércol de aves, estiércol de pollo, potencial fertilizante, rendimiento del cultivo, conductividad eléctrica, vitamina C.

Effects on soil and fruit of pepper fertilization with pelletized broiler litter

Abstract A study has been conducted about production and quality of Lamuyo variety pepper (cv. 'Vidi F1') that has been cultivated in greenhouse and fertilized with dried pelletized broiler litter (BL), as well as about the changes produced to the soil as a consequence of it. The established range of fertilizing treatments was as follows: non-fertilized plots (Control), plots treated with slow-releasing inorganic fertilizer (83.3 g m⁻²), to supply 100 kg N ha⁻¹ (Mr) and plots fertilized with increasing doses of BL (BL1: 265.9, BL2: 354.5, BL3: 443.2 and BL4: 531.8 g m⁻²) to provide respectively 60, 80, 100 and 120 kg N ha⁻¹. Using non superior to 265.9 g m⁻² doses of broiler litter (BL1), the obtained pepper production equals that one reached with inorganic fertilizer. In relation to the nutritional quality of the fruit, fertilizing, either with organic or inorganic fertilizer, does not produce significant difference on vitamin C presence. Soils which have been fertilized with dried pelletized broiler litter do not show any evidence of salinization, no matter the doses that have been used (BL1, BL2, BL3 or BL4).

Keywords *Capsicum annuum* L., poultry manure, fertilizer potential, crop yield, electrical conductivity, vitamin C.

Introducción

España es el quinto productor de pimiento del mundo, con una cantidad que supera las novecientas mil toneladas por año (FAOSTAT, 2010). El cultivo del pimiento está ampliamente difundido por todo el país cultivándose frutos de todo tipo: dulces, picantes, de carne gruesa y también delgada. Según los últimos datos publicados en España, se producen alrededor de 929.300 t, en una superficie de 18.900 ha (MAGRAMA, 2010). Las plantaciones de pimiento tipo Lamuyo y dulce italiano forman parte de las

rotaciones hortícolas que habitualmente se llevan a cabo en invernadero.

Cualquiera de estas variedades de pimiento constituye una importante fuente de vitaminas y minerales, destacando especialmente por su contenido en ácido ascórbico (vitamina C), vitaminas (B1, B2, E y P), polifenoles, carotenoides, azúcares, potasio y otros minerales (Ca, Fe, P) (Pérez-Lopez et al. 2004). La actividad antioxidante de la vitamina C está relacionada con la prevención de enfermedades degenerativas, diferentes cánceres, enfermedades neurológicas y cardiovasculares, cataratas y disfunciones oxidativas (Valdés, 2006).

La proporción de vitamina C y otros constituyentes del fruto del pimiento depende de varios factores, tales como el genotipo usado (Guil-Guerrero et al. 2006), las condiciones climatológicas (principalmente la temperatura y la intensidad luminosa) (Bafeel, 2008), el momento de madurez del fruto (Menichini et al. 2009), las técnicas de recolección y conservación (González et al. 2005), y las prácticas culturales llevadas a cabo durante el cultivo (Rubio et al. 2010).

En cuanto a las prácticas culturales, es la fertilización del cultivo del pimiento, y en concreto el nitrógeno, el elemento nutricional que más se ha estudiado. Son diversos los trabajos que intentan relacionar la fertilización nitrogenada con la calidad nutritiva del pimiento, centrándose principalmente en el contenido en vitamina C del fruto. Hasta el momento, no está clara la influencia del aporte de nitrógeno sobre la concentración de esta vitamina, pudiendo según algunos autores, incrementarla (Abu-Zahra, 2011), producir el efecto contrario (Worthington, 2001) o simplemente carecer de influencia (Aminifard et al. 2012).

El pimiento es un cultivo hortícola de ciclo largo (8-10 meses) que puede adecuarse a las características de un abono orgánico de liberación lenta.

Estas características las reúne el estiércol de pollo, que tras sufrir un proceso de deshidratación y granulación se convierte en un abono libre de patógenos y restos de antibióticos, no desprende mal olor y se almacena, transporta y aplica fácilmente (López-Mosquera et al. 2008), pudiéndose convertir en una alternativa viable para productores que no empleen fertirrigación o incluso cuando se realicen cultivos de forma ecológica. Si bien, es necesario estudiar cómo se puede comportar este fertilizante en suelo, ya que, en otros estudios realizados con estiércol de pollo, se ha constatado que tras largo tiempo de haberlo aplicado en algunos cultivos, se produjo un incremento de sales en el suelo (Alabadian et al. 2002). El objetivo de este trabajo fue estudiar la respuesta productiva y la calidad del fruto de pimiento a la fertilización orgánica en preplantación con estiércol de pollo de engorde deshidratado y granulado, así como las modificaciones producidas en suelo tras el cultivo.

Materiales y Métodos

Se estableció un cultivo de pimiento tipo Lamuyo, cultivar 'Vidi F1' (casa comercial Fitó) para el cual se aplicaron, al

azar, seis tratamientos fertilizantes (3 bancales por tratamiento): un tratamiento control que no recibió fertilización (C), aplicación de 83,3 g m⁻² del fertilizante mineral de liberación lenta, para suministrar 100 kg N ha⁻¹ (Mr), y aplicación de 4 dosis crecientes de un producto comercial de estiércol de pollo deshidratado y granulado (BL1: 265,9, BL2: 354,5, BL3: 443,2 y BL4: 531,8 g m⁻²) para proporcionar respectivamente 60, 80, 100 y 120 kg N ha⁻¹ (BL1, BL2, BL3 y BL4). Las dosis se calcularon en función del N, teniendo en cuenta un porcentaje de mineralización del estiércol de pollo del 60 % (Kissel et al. 2008) y que la riqueza de la partida del estiércol utilizado contenía un 3,7 % de N.

Las principales características de los abonos utilizados en el ensayo de este cultivo fueron, para el abono orgánico BL: 87,64 % de materia seca, 3,7 % de N, 2,8 % de P₂O₅ y 3,0 % de K₂O (López-Mosquera et al. 2008); para el fertilizante mineral de liberación lenta: 12 % de N, 12 % de P₂O₅ y 12 % de K₂O. No se llevó a cabo fertirrigación durante el ciclo de cultivo.

El suelo utilizado en el ensayo fue un Umbrisol húmico desarrollado sobre esquistoscuarcíticos, de textura franca, con un pH en H₂O de 5,9, contenido en materia orgánica (M.O.) de 3,4 % y conductividad eléctrica (C.E.) de 0,4 dS m⁻¹. Antes de establecer el ensayo se cuantificó el nivel inicial de nutrientes en cada bancal.

Se trasplantaron las plantas de pimiento de 10-12 cm de altura utilizando el cultivar "Vidi F1" en el mes de abril. Se dejó una distancia entre plantas de 50 cm y entre líneas de 1,50 m, lo que determinó una densidad de 1,33 plantas por m² y un total de 216 plantas en todo el ensayo (18 bancales x 12 plantas parcela).

Se utilizó riego por goteo para mantener el suelo con un potencial hídrico entre 0,02 y 0,025 MPa, indicado por tensiómetros colocados en cada bancal a 15 cm de profundidad.

El control de temperatura se realizó mediante un sistema de ventilación automatizado, utilizando para ello, tanto ventanas laterales como cenitales, manteniéndose la temperatura en un rango entre los 10 °C y los 35 °C.

Los pimientos fueron tutorados según el sistema holandés, colocando un doble tejido de malla de nailon con cuadros de 20 x 20 cm² para cada línea de plantas, atado a tubos de hierro galvanizado en los extremos de los bancales. La poda del cultivo se limitó a la supresión de los brotes axilares y las hojas viejas que nacieron por debajo de la primera bifurcación de la planta, los días 70 y 71 del ciclo de cultivo. Además, a los 89 días se eliminaron los frutos localizados en medio de la cruz, con el objetivo de obtener frutos de mayor calibre, uniformidad y precocidad, así como mayores rendimientos. El cultivo se dio por finalizado a los 289 días de su trasplante.

Durante el desarrollo del cultivo se aplicó un producto fitosanitario contra pulgón (Pirimicab 50 % y Lambda Cihalotrin 2,5 %), con plazo de seguridad de tres días. Se hizo un tratamiento semanalmente, desde el día 100 de vida del cultivo hasta el día 150, lo que supuso un total de siete tratamientos con este producto.

En cuanto a la toma de muestras y análisis del suelo, antes del trasplante y al final del cultivo se recogieron, con ayuda de una sonda cilíndrica de tubo hueco de 5 cm de diámetro, muestras de suelo compuestas, en los primeros 10 cm de todos los bancales. En cada bancal se tomaron varias submuestras de suelo que se mezclaron para obtener una muestra compuesta de aproximadamente 300 g. Las muestras de suelo se secaron al aire y, tras disgregar los terrones, se tamizaron con una malla de 2 mm de luz, despreciándose la fracción gruesa.

Se determinó el pH en H₂O del suelo y el carbono (C) fue medido con un analizador de carbono, LECO CNS-2000. La materia orgánica se obtuvo a partir del contenido de carbono, multiplicando este por el factor de Van Bemmelen (1,724). Posteriormente se hizo un extracto de pasta saturada, utilizando un volumen de agua correspondiente a la humedad de saturación y equilibrada durante cuatro horas (Richards, 1954). En este extracto se determinó la conductividad eléctrica (C.E.e) por medio de un conductímetro CRISON microCM 2201, expresándola en dS m⁻¹ a 25 °C. Los cationes solubles en el extracto de saturación (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ y Na⁺) fueron medidos por absorción y/o emisión atómica en un equipo Varian Spectraa 220. Los cloruros (Cl⁻) y el contenido de nitratos (N-NO₃⁻) se determinaron con electrodo selectivo (Keeney & Nelson, 1982). El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) fue determinado a partir de la relación de adsorción de sodio (RAS) de los elementos solubles presentes en el extracto de saturación.

En cuanto a la toma de muestras y análisis de fruto, se recogieron todos los pimientos maduros de color rojo (n = 1047) del total de las 15 plantas seleccionadas por tratamiento descritas en el apartado anterior, previa identificación aleatoria de 5 plantas por bancal, descartándose las que estaban situadas en los extremos. Se comenzó la recolección en el mes de agosto y duró hasta el mes de enero, llevándose a cabo un total de siete cosechas: a los 147, 163, 178, 196, 232, 259 y 289 días después de implantado el cultivo. Todos los frutos comerciales se pesaron en fresco, y posteriormente se midieron con un calibre, con una precisión de mm, tanto en longitud como en anchura. Además, en la segunda cosecha completamente madura (día 163 de cultivo), se recogieron 15 pimientos por tratamiento, que se llevaron al laboratorio. Cada uno de estos pimientos se trituró y homogenizó en fresco para analizar el contenido en ácido ascórbico (vitamina C) empleando técnicas de HPLC, según el método de Osuna-García et al. (1998).

Los datos se sometieron a un análisis de varianza con un solo factor, Anova I. Las medias se compararon mediante el test de la diferencia mínima significativa (DMS), comprobando previamente si los datos eran normales (prueba de Kolmogorov-Smirnov) y efectuando la prueba de homogeneidad de la varianza de Levene. Cuando las varianzas no fueron homogéneas, se aplicó la prueba de Mann-Whitney. Para cada parámetro de suelo que se analizó, se llevó a cabo un ANOVA de dos vías: tiempo y tratamiento fertilizante, así como la interacción entre ambos factores. Se empleó el paquete estadístico SPSS 17.0.

Resultados y Discusión

Los valores de conductividad eléctrica en suelo encontrados al final del cultivo de pimiento, se situaron siempre por debajo del límite de 4 dS m⁻¹ (Allison & Richards, 1973), por lo que, ningún tratamiento fertilizante causó la salinización del suelo hasta niveles a partir de los cuales se pueda considerar que el suelo fuese salino. Incluso, estuvieron muy por debajo de los 2,5 dS m⁻¹ (valor límite que repercute en la producción del pimiento (Fernandez et al. 1981), aún con dosis superiores a los 532 g por m² de BL (BL4, 120 kg N ha⁻¹) (tabla 1).

Son varios los estudios hechos con gallinaza, que han mostrado un aumento de la conductividad eléctrica en el suelo tras su uso en diferentes cultivos; así Dikinya y Mufwanzala, (2010), en un ensayo con espinaca en invernadero, llegaron a la conclusión de que, al aumentar la dosis de estiércol de pollo, los suelos se fueron salinizando, e incluso, llegó a afectar a la producción final del cultivo. En nuestro caso, la larga duración del cultivo (9 meses), continuamente mantenido a capacidad de campo a través del riego, junto con las extracciones del pimiento, sin ningún otro aporte adicional que el abonado de fondo realizado al inicio del cultivo, permitió aprovechar de forma óptima los nutrientes sin que se acumulasen de forma excedentaria elementos solubles en el suelo.

Como cabría esperar, todas las parcelas que recibieron fertilización presentaron soluciones de suelo más concentradas que las correspondientes a las parcelas control (C). De todas ellas, destacan las que recibieron la dosis más alta de estiércol de pollo (BL4, 120 kg N ha⁻¹), que fueron las que presentaron la solución más concentrada (en el extracto de saturación) para todos los iones cuantificados (NO₃⁻, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺ y Na⁺). Sin embargo, como ya se dijo, no se llegaron a originar problemas de exceso de sales para el cultivo o niveles de PSI limitantes para el suelo (tabla 1).

Después de nueve meses de cultivo de pimiento en los bancales del invernadero, la concentración de los iones en la solución del suelo fue, para cada tratamiento, como sigue:

Bancales control (C): Cl⁻>Ca²⁺>Na⁺>Mg²⁺>NO₃⁻>K⁺

Bancales fertilizados con fertilizante mineral de liberación lenta (Mr): Ca²⁺>Cl⁻>Mg²⁺>Na⁺>NO₃⁻>K⁺

Bancales fertilizados con estiércol de pollo, dosis BL1: Ca²⁺>Cl⁻>Na⁺>Mg²⁺>NO₃⁻>K⁺

Bancales fertilizados con estiércol de pollo, dosis BL2: Ca²⁺>Cl⁻>Na⁺>Mg²⁺>NO₃⁻>K⁺

Bancales fertilizados con estiércol de pollo, dosis BL3: Ca²⁺>Cl⁻>Na⁺>Mg²⁺>K⁺>NO₃⁻

Bancales fertilizados con estiércol de pollo, dosis BL4: Ca²⁺>Mg²⁺>Cl⁻>Na⁺>K⁺>NO₃⁻

El porcentaje de sodio intercambiable (PSI) siempre fue inferior al 15 % en todos los tratamientos, tanto al comienzo como al final del cultivo de pimiento (tabla 1), valor a partir del cual el suelo sufre problemas de sodificación y dispersión de las arcillas (Richards, 1954).

Parámetro	Inicio cultivo	Final cultivo	Tiempo	Tratamiento fertilizante	Tiempo x Tratamiento fertilizante
C.E. (dS m⁻¹)					
C	0,15 ^d ±0,05	0,49 ^b ±0,00	-	-	-
Mr	0,14 ^d ±0,01	0,14 ^{ab} ±0,05	-	-	-
BL1	0,21 ^c ±0,09	0,13 ^{ab} ±0,02	*	*	*
BL2	0,22 ^c ±0,03	0,10 ^{ab} ±0,03	-	-	-
BL3	0,71 ^b ±0,10	0,06 ^c ±0,01	-	-	-
BL4	1,01 ^a ±0,05	0,16 ^a ±0,03	-	-	-
Cl⁻ (mmol L⁻¹)					
C	1,10 ^b ±0,32	1,78 ^a ±0,24	-	-	-
Mr	1,02 ^b ±0,23	0,92 ^c ±0,15	-	-	-
BL1	1,51 ^b ±0,28	0,58 ^d ±0,02	*	*	*
BL2	2,04 ^b ±0,33	0,89 ^c ±0,09	-	-	-
BL3	9,03 ^a ±2,85	1,00 ^c ±0,13	-	-	-
BL4	13,70 ^a ±3,69	1,37 ^b ±0,00	-	-	-
NO³⁻ (mmol L⁻¹)					
C	0,23 ^c ±0,03	0,06 ^c ±0,02	-	-	-
Mr	0,06 ^d ±0,00	0,14 ^b ±0,07	-	-	-
BL1	0,25 ^c ±0,06	0,10 ^b ±0,03	*	*	*
BL2	0,26 ^c ±0,08	0,16 ^b ±0,08	-	-	-
BL3	1,03 ^b ±0,24	0,19 ^b ±0,02	-	-	-
BL4	3,24 ^a ±0,46	0,24 ^a ±0,07	-	-	-
K⁺ (mmol L⁻¹)					
C	0,21 ^c ±0,07	0,04 ^d ±0,00	-	-	-
Mr	0,13 ^c ±0,04	0,12 ^c ±0,01	-	-	-
BL1	0,25 ^c ±0,09	0,10 ^c ±0,03	*	*	*
BL2	0,29 ^c ±0,05	0,11 ^c ±0,03	-	-	-
BL3	0,56 ^b ±0,16	0,19 ^b ±0,03	-	-	-
BL4	2,19 ^a ±0,31	0,29 ^a ±0,02	-	-	-
Ca⁺⁺ (mmol L⁻¹)					
C	2,31 ^c ±0,00	0,48 ^d ±0,07	-	-	-
Mr	1,43 ^d ±0,06	1,47 ^b ±0,36	-	-	-
BL1	2,28 ^c ±1,05	0,81 ^c ±0,14	*	*	*
BL2	2,33 ^c ±0,40	1,32 ^b ±0,35	-	-	-
BL3	5,73 ^b ±0,09	1,40 ^b ±0,00	-	-	-
BL4	12,10 ^a ±4,00	1,80 ^a ±0,39	-	-	-
Mg⁺⁺ (mmol L⁻¹)					
C	0,55 ^c ±0,03	0,11 ^d ±0,02	-	-	-
Mr	0,32 ^c ±0,00	0,71 ^b ±0,21	-	-	-
BL1	0,67 ^c ±0,13	0,19 ^d ±0,04	*	*	*
BL2	0,67 ^c ±0,18	0,35 ^c ±0,11	-	-	-
BL3	2,04 ^b ±0,00	0,71 ^b ±0,23	-	-	-
BL4	5,12 ^a ±1,40	1,38 ^a ±0,38	-	-	-
Na⁺ (mmol L⁻¹)					
C	0,47 ^c ±0,09	0,45 ^b ±0,07	-	-	-
Mr	0,41 ^c ±0,05	0,55 ^a ±0,19	-	-	-
BL1	0,67 ^c ±0,23	0,34 ^b ±0,04	*	*	*
BL2	0,57 ^c ±0,05	0,45 ^b ±0,02	-	-	-
BL3	1,36 ^b ±0,02	0,72 ^a ±0,11	-	-	-
BL4	2,31 ^a ±0,43	0,83 ^a ±0,22	-	-	-
PSI (%)					
C	6,79 ^a ±0,05	3,85 ^a ±0,04	-	-	-
Mr	6,05 ^b ±0,04	3,67 ^{ab} ±0,19	-	-	-
BL1	5,49 ^b ±0,37	3,47 ^b ±0,06	*	*	*
BL2	6,65 ^a ±0,17	4,06 ^a ±0,13	-	-	-
BL3	5,68 ^b ±0,07	3,44 ^b ±0,09	-	-	-
BL4	6,14 ^{ab} ±1,53	3,85 ^a ±0,25	-	-	-

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos para una probabilidad menor al 5 %. Tiempo x tratamiento fertilizante indica interacción estadística (significativa o no) entre estos dos factores (*: diferencia significativa).

Tabla 1.- Valores medios y desviaciones típicas de conductividad eléctrica y aniones y cationes en el extracto de saturación, según tratamientos. C: control; Mr: fertilizante mineral de liberación lenta (83,3 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹); BL1: BL (265,9 g m⁻² ~ 60 kg N ha⁻¹), BL2: BL (354,5 g m⁻² ~ 80 kg N ha⁻¹), BL3: BL (443,2 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹) y BL4: BL (531,8 g m⁻² ~ 120 kg N ha⁻¹) al inicio y al final del cultivo, junto con los resultados del análisis de varianza

Distintos autores encuentran diferentes respuestas en la producción de pimiento a la fertilización. Así, Abu-Zahra (2011) encontró respuestas favorables a la fertilización

mineral, tanto nitrogenada como potásica, por el contrario, Cánovas et al. (2002) no observaron respuesta a la fertilización mineral nitrogenada. Esto puede ser debido a

las diferentes condiciones de fertilidad de los suelos de partida y a la diversidad de condiciones edafoclimáticas en las que las distintas experiencias fueron desarrolladas.

Investigadores como Cánovas et al., (2002), trabajando con pimiento tipo Lamuyo, obtuvieron producciones finales de 3-4,5 kg de peso de pimiento por planta, que se asemejan a los resultados encontrados en este estudio, siendo el tratamiento que recibió la dosis más alta de abono orgánico (BL4, 532 g por m² ~ 120 kg N ha⁻¹), la que alcanzó una producción más elevada (5,73 kg planta⁻¹).

En este estudio, según se fue aumentando la dosis de abonado orgánico hasta los 120 kg N ha⁻¹ (tratamiento BL4, 532 g por m²), se produjo una producción significativamente mayor de peso de pimiento por planta con respecto a la dosis más baja de BL (BL1, 265,9 g por m² ~ 60 kg N ha⁻¹) y al tratamiento mineral (Mr, 83,3 g por m² ~ 100 kg N ha⁻¹).

Los valores obtenidos de peso medio de pimiento (g fruto⁻¹) en el ensayo fueron muy parecidos a los esperados para la variedad utilizada (220-250 g de peso medio del fruto variedad "Vidi"), (Vilmorin, 2016) (tabla 2). Además, estos datos concuerdan con otros trabajos de investigación, donde el fruto del pimiento tipo Lamuyo tuvo un peso medio que osciló entre los 135-188 g (Abu-Zahra, 2011) y los 289-327 g (Alabi, 2006).

Según Cánovas et al. (2002), la media de frutos producidos por planta en un cultivo de pimiento tipo Lamuyo en invernadero, fue de 14,8 a 15,3, al igual que sucedió con el Mr y las dosis más bajas de estiércol de pollo en este estudio. El número de frutos obtenidos con la dosis BL4 (532 g por m² ~ 120 kg N ha⁻¹) del fertilizante BL, fue mayor, pero no estadísticamente significativa con respecto a los restantes tratamientos fertilizantes estudiados (tabla 2). Aún así, esta cantidad de 18,7 frutos por planta de pimiento con la dosis BL4 (532 g por m² ~ 120 kg N ha⁻¹), fue inferior a las conseguidas por Alabi et al., en 2006 fertilizando un cultivo de pimiento con gallinaza en invernadero.

A la hora de clasificar los pimientos rojos por tamaño (GG, G, M y P), teniendo en cuenta el diámetro de la parte superior más ancha del fruto (Domingo et al. 2005), todos ellos se clasificaron en la categoría comercial G (tamaño grande), independientemente del tratamiento aplicado.

El fruto del pimiento es la segunda hortícola que concentra la mayor cantidad de ácido ascórbico (Belitz & Grosch,

2011), contribuyendo de forma importante a su actividad antioxidante (Marín et al. 2004). El valor de esta vitamina varía de los 51 a los 240 mg por cada 100 g de materia fresca en los pimientos rojos, según constatan diversas investigaciones (Guil-Guerrero et al. 2006).

Los valores de ácido ascórbico que se obtuvieron en este ensayo oscilaron entre 134,6 y 149,6 mg por cada 100 g de materia fresca, estando dentro del rango de las cifras expuestas anteriormente. En concreto, Abu-Zahra et al. en 2011 hizo un estudio de la vitamina C en pimiento con diferentes abonos orgánicos y mineral, en donde los frutos fertilizados con gallinaza tuvieron una concentración de vitamina C de 157,3 mg por cada 100 g de materia fresca, cercanos a los encontrados en este estudio.

Todos los frutos analizados, independientemente de la dosis utilizada de abono orgánico, dieron lugar a concentraciones parecidas de vitamina C (tabla 4), lo que demuestra que en este caso el abonado no afectó a la concentración de ácido ascórbico en el fruto, tal y como también apreció Aminifard et al., 2012.

Los estudios que anteceden a esta investigación, han dado resultados dispares en relación a la concentración de vitamina C en el fruto de pimiento. Worthington, (2001) afirma que el uso de fertilizantes nitrogenados puede producir una disminución del contenido de ácido ascórbico debido a que la planta tiene una amplia disponibilidad de nitrógeno, produciendo más cantidad de proteína y reduciendo su producción de hidratos de carbono, que son los precursores de la vitamina C.

También puede contribuir el efecto de dilución del ácido ascórbico en fruto debido a un mayor crecimiento de la planta, y por tanto de los tejidos donde se concentra la vitamina C (Osuna-García et al. 1998). Sin embargo, otras investigaciones como la de Amanullah et al., (2007), afirman que el uso de mayores dosis de nitrógeno aumentan la cantidad de ácido ascórbico en planta.

Estos resultados tan dispares pueden deberse a la variabilidad de las condiciones experimentales, la intensidad y la fluctuación de la luz, y las variaciones diurnas de la temperatura durante la realización de los ensayos, ya que es la causante de aumentar la concentración de vitamina C y glucosa en las plantas (precursora del ácido ascórbico) (Osuna-García et al. 1998).

Tratamientos	Peso medio (g fruto ⁻¹)	Peso total (kg planta ⁻¹)	Número de frutos (Nº planta)
C	215,7 ^b ±51,95	2,59 ^a ±0,22	12,00 ^b ±5,73
Mr	265,9 ^a ±72,82	4,16 ^b ±0,20	15,64 ^{ab} ±2,83
BL1	262,4 ^a ±67,53	4,16 ^b ±0,25	15,79 ^{ab} ±3,73
BL2	252,6 ^a ±72,78	4,20 ^b ±0,21	16,63 ^{ab} ±2,93
BL3	251,3 ^a ±79,50	4,29 ^b ±0,40	17,00 ^{ab} ±4,98
BL4	252,2 ^a ±71,52	5,73 ^a ±0,24	18,71 ^a ±3,38

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos para una probabilidad menor al 5 %.

Tabla 2.- Valores medios y desviaciones típicas de producción de pimiento en los distintos tratamientos. C: control; Mr: fertilizante mineral de liberación lenta (83,3 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹); BL1: BL (265,9 g m⁻² ~ 60 kg N ha⁻¹), BL2: BL (354,5 g m⁻² ~ 80 kg N ha⁻¹), BL3: BL (443,2 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹) y BL4: BL (531,8 g m⁻² ~ 120 kg N ha⁻¹)

Categoría	Diámetro en mm
GG (Muy grande)	> 90
G (Grande)	90 á 70
M (Mediana)	80 á 60
P (Pequeña)	60 á 40

Tabla 3.- Clasificación comercial del pimiento atendiendo al diámetro de la parte superior más ancha del fruto (11)

	C	Mr	BL1	BL2	BL3	BL4
			(mg 100 g ⁻¹ de peso fresco)			
Vitamina C	142 ^a ±10	135 ^a ±10	138 ^a ±7	145 ^a ±6	139 ^a ±10	150 ^a ±7

Para cada parámetro, distintas letras indican diferencias significativas entre tratamientos para una probabilidad menor al 5 %.

Tabla 4.- Valores medios y desviaciones típicas del contenido en vitamina C del fruto de pimiento según tratamientos, expresado en mg por 100 g de materia seca. C: control; Mr: fertilizante mineral de liberación lenta (83,3 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹); BL1: BL (265,9 g m⁻² ~ 60 kg N ha⁻¹), BL2: BL (354,5 g m⁻² ~ 80 kg N ha⁻¹), BL3: BL (443,2 g m⁻² ~ 100 kg N ha⁻¹) y BL4: BL (531,8 g m⁻² ~ 120 kg N ha⁻¹)

Conclusiones

No se registra incremento de sales en el suelo con dosis crecientes de estiércol de pollo deshidratado, respecto a las parcelas sin fertilizar y fertilizadas con abono mineral.

Con cantidades no superiores a los 265,9 g m⁻² de estiércol de pollo deshidratado (BL1, 60 kg N ha⁻¹), se obtienen producciones de pimiento, de igual categoría comercial (G = tamaño grande) que los conseguidos con un fertilizante mineral de liberación lenta.

Las mayores producciones en kg planta⁻¹ de pimiento se han obtenido utilizando 532 g por m² de estiércol de pollo deshidratado y granulado (BL4, 120 kg N ha⁻¹).

Todos los frutos analizados presentan concentraciones similares de vitamina C, independientemente de si se ha fertilizado (abono orgánico o mineral) o no el suelo.

Agradecimientos Los autores agradecen a Juan Carlos Serrano, gerente de Aviporto SL, por facilitar el estiércol de pollo deshidratado y granulado. Este trabajo fue financiado por la Dirección General de Investigación del Ministerio de Ciencia y Tecnología español (proyecto AGL2000-04-81).

Bibliografía

Abu-Zahra, T.R. (2011). Influence of agricultural practices on fruit quality of bell pepper. *Pakist. J. Biol. Sci.* 14, 18: 876-881.

Alabandan, B.A., Adeoye, P.A. & Folorunso, E.A. (2009). Effect of different poultry wastes on physical, chemical and biological properties of soil. *Caspian J. Env. Sci.* 7, 1: 31-35.

Alabi, D.A. (2006). Effects of fertilizer phosphorus and poultry droppings treatments on growth and nutrient components of pepper (*Capsicum annum* L.). *Afr. J. Biotechnol.* 5, 8: 671-677.

Allison, L.E. & Richards, L.A. (1973). Rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Regional Salinity Laboratory (US). México. Ed. Limusa.

Amanullah, M.M., Somasundaram, E., Vaiyapuri, K. & Sathyamoorthi, K. (2007). Poultry manure to crops-a review. *Agric. Rev.* 28, 3: 216-222.

Aminifard, M.H., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M. & Khayyat, M. (2012). Effect of nitrogen fertilizer on vegetation and reproductive growth of pepper plants under field conditions. *J. Plant Nutr.* 35, 2: 235-242.

Bafeel, S.O. & Ibrahim, M.M. (2008). Antioxidants and accumulation of α -tocopherol induce chilling tolerance in *Medicago sativa*. *Int. J. Agric. Biol.* 10: 593-598.

Belitz, H.D. & Grosch, W. (2011). Química de los alimentos. Zaragoza. Ed. Acribia.

Cánovas, J.C., Molina, E.N., Vicente, F.E.C., Gómez, M.C.H., Alcaraz, N.A. & Navarro, J.S. (2002). Fertilización nitrogenada en pimiento bajo invernadero. *Revista Agropecuaria.* 843: 596-601.

Dikinya, O. & Mufwanzala, N. (2010). Chicken manure-enhanced soil fertility and productivity: Effects of application rates. *J. Soil Sci. Environ. Manag.* 1, 3: 46-54.

Domingo, A.N., Soria, C. B., Martorell, A. G. & Olivert, J.M.A. (2005). Variedades mejoradas de pimiento Lamuyo y California. *Horticultura.* 185: 40-48.

FAOSTAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma, (2010). Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor> (28 noviembre, 2016).

Fernandez, F.G., Caro, M., & Cerda, A. (1981). Influencia of NaCl in the irrigation water on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annum*). *Plant Soil.* 46: 405-411.

González, M., Centurion, A. & Sauri, E. (2005). Influence of refrigerated satorage on the quality and shelf life of "Habanero" chili peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Acta Hort.* 682: 1297-1302.

- Guil-Guerrero, J.L., Martínez-Guirado, C., Reboloso-Fuentes, M.M. & Carrique-Pérez, A. (2006). Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (*Capsicum annuum*) varieties. *Eur. Food Res. Technol.* 224: 1-9.
- Keeney, D.R. & Nelson, D.W. (1982). Nitrogen inorganic forms. In: *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbial properties.* 673-682 p.
- Kissel, D.E., Risse, M., Sonon, L. & Harris, G. (2008). Calculating the fertilizer value of broiler litter. University of Georgia, Cooperative Extension Circle C933, 2008. 2p. Disponible en: <http://pubs.caes.uga.edu/caes-pubs/pubs/PDF/C933.pdf> (28 noviembre, 2016).
- MAGRAMA. Anuario de Estadística Agraria. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. (2010). Disponible en: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/estad-publicaciones/anuario-de-estadistica/2011/default.aspx> (28 noviembre, 2016).
- López-Mosquera, M.E., Cabaleiro, F., Sainz, M.J., López-Fabal, A. & Carral, E. (2008). Fertilizing value of broiler litter: Effects of drying and pelletizing. *Bioresource technology.* 99, 13: 5626-5633.
- Marín, A., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. & Gil, M.I. (2004). Characterization and quantitation of antioxidant constituents of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 52: 3861-3869.
- Menichini, F., Tundis, R., Bonesi, M., Loizzo, M.R., Conforti, F., Statti, G., De Cindio, B. & Houghton P.J. (2009). The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. *Food Chem.* 114: 553-560.
- Osuna-García, J.A., Wall, M.M. & Waddell, C.A. (1998). Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-type Chile (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 46, 12: 5093-5096.
- Pérez-Lopez, A.J., Lopez-Nicolas, J.M., Dunez-Delicado, E., Amor del, F.M. & Carbonell-Barrachina, A.A. (2007). Effects of agricultural practices on color, carotenoids composition and minerals contents of sweet peppers, cv. Almuden. *J. Agric. Food Chem.* 55: 8158-8164.
- Richards, L.A. (1954). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils.* U.S. Salinity Lab., U.S. Department of Agriculture Handbook 60. California.
- Rubio, J.S., Sanchez, F.G. & Flores, P. (2010). Yield and fruit quality of sweet pepper in response to fertilization with Ca and K. *Sapnish J. Agric.* 8: 170-177.
- Valdés, F. (2006). Vitamina C. *Actas dermo-sifiliográficas.* 97, 9: 557-568.
- Vilmorin. (2015). Ficha descriptiva Pimiento Vidi F1, 2013. 1p. Disponible en: http://www.guiaverde.com/guia_de_plantas/capsicum_annuum_284 (28 noviembre, 2016).
- Worthington, V. (2001). Nutritional quality of organic versus conventional fruits, vegetables, and grains. *J. Altern. Complem. Med.* 7, 2: 161-173.