

INFLUENCIA DEL MANEJO SOBRE EL PASTO FERTILIZADO CON SELENIO EN LA SERENA (EXTREMADURA)

INFLUENCE OF MANAGEMENT ON PASTURE FERTILIZATION WITH SELENIUM IN LA SERENA (EXTREMADURA)

C. GARCÍA-LATORRE, S. RODRIGO, M.J. POBLACIONES, T. GARCÍA-WHITE, L. HERNÁNDEZ Y L. OLEA

Departamento de Ingeniería del Medio Agronómico y Forestal (U. de Extremadura). Escuela de Ingenierías Agrarias. Avda. Adolfo Suárez s/n, 06007 Badajoz. saramrodrigo@gmail.com

RESUMEN

El selenio (Se) es un micronutriente fundamental cuya deficiencia en el ganado es bastante común, causando enfermedades de la gravedad del músculo blanco, que en Extremadura, con más de 3,5 millones de ovejas, son de gran importancia tanto agraria como económica. Para prevenirlo, se pretendió comprobar la efectividad (traducida en aumento de Se en la materia seca) de la biofortificación agronómica con selenato sódico sobre parcelas de pasto natural y pasto natural fertilizado (250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18%) en la comarca de La Serena durante la campaña agrícola 2012-2013. Asimismo se investigó el efecto del número de cortes de hierba (único corte en primavera frente a dos cortes: mediados de invierno y final de primavera) sobre el rendimiento de materia seca y el contenido de selenio en el pasto. La aplicación de Se (10 g ha⁻¹) contribuyó a la obtención de mayores rendimientos en materia seca. Por su parte, el Se aumentó casi 580 veces su contenido habitual con la citada dosis, siendo afectado negativamente por el P y manteniéndose en la planta hasta la primavera a pesar de existir un aprovechamiento en invierno.

Palabras clave: biofortificación, pastos extensivos, microelementos, La Serena.

SUMMARY

Selenium (Se) is an essential micronutrient whose deficiency in livestock is fairly common, causing serious diseases like white muscle. In Extremadura, with at least 3,5 million sheep, these illnesses are of great importance, not only agrarian but also economic. To prevent this situation, the objective was to test the effectiveness (translated into an increased amount of Se in dry matter, DM) of agronomic biofortification using sodium selenate with a dose of 10 g Se ha⁻¹, on plots fertilized with 250 kg ha⁻¹ of superphosphate 18% and other unfertilized, in La Serena during crop year 2012-2013. Likewise, regional differences involved the application of a single cut or a double one was investigated: the first cut in mid-winter and the second one in late spring. Yield and pasture Se content were determined. It was found that the application of Se promoted to a higher yield in DM. Moreover, Se content was increased almost 580 times usual DM pasture content with the used dose, being negatively affected by P and staying on DM until spring, despite the fact of the winter cutting.

Key words: biofortification, extensive pastures, microelements.

INTRODUCCIÓN

En Extremadura, los pastos herbáceos ocupan un área total de 2 205 808 ha (INIA, 2005), extensión equivalente a la mitad de la superficie regional, lo que permite que se constituyan como la base de la alimentación de la cabaña ganadera. Si bien el aprovechamiento de estos pastos herbáceos es muy importante en toda Extremadura, este sistema de explotación se presenta como particularmente significativo en la comarca de La Serena, donde el censo ovino supera el millón de animales y la superficie dedicada a pastos el 90% del total de la comarca. La Serena está localizada en el noreste de la provincia de Badajoz, presenta como principal actividad económica la ganadería extensiva, principalmente de ovino de raza merina, con cuya leche se produce el queso de La Serena, producto con denominación de origen protegida.

La amplia difusión de la oveja en toda Extremadura subraya como especialmente problemáticos los problemas derivados de la baja concentración de Se en la región (Jiménez *et al.*, 1998).

El Se es un elemento esencial para la salud y la nutrición, tanto de humanos como de animales (Wu, 1994), estando situada la concentración necesaria para evitar su carencia en rumiantes, entre los 200-300 $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ de materia seca (M.S.). Se ha demostrado

que su deficiencia es la principal causa de dos enfermedades de gran importancia económica asociadas al ganado ovino, la enfermedad del músculo blanco y el *selenium responsive unthriftiness*. Este último es un síndrome que puede acarrear un déficit del crecimiento, infertilidad o incluso un aumento de las tasas de mortalidad fetal (Andrews *et al.*, 1968). Por su parte, la enfermedad del músculo blanco se produce cuando se liberan más radicales libres de aquellos que los antioxidantes disponibles pueden tratar, lo que termina por dañar el músculo (Van Winden y Kuiper, 2002). Cuando la enfermedad afecta a los músculos esqueléticos, los síntomas varían desde una leve rigidez hasta la incapacidad para estar de pie. Cuando es el músculo cardíaco el afectado, el animal muestra signos similares a la neumonía, incluyendo dificultad para respirar y fiebre (Gunes *et al.*, 2010). Finalmente, el animal pierde la capacidad de alimentarse, llegando incluso a morir.

Con el objetivo de aumentar las concentraciones de Se en el forraje, y así en la dieta indirectamente, se propone la biofortificación agronómica, cuyo potencial ha sido ya demostrado en estudios llevados a cabo en Finlandia o Australia (Whelan *et al.*, 1994; Broadley *et al.*, 2006). Este método de biofortificación consiste en el incremento de la biodisponibilidad de elementos esenciales, en este caso el Se, en porciones absorbibles por los cultivos a través del uso de fertilizantes

(Graham *et al.*, 2001).

En esta dirección, pueden encontrarse publicaciones precedentes que han arrojado resultados positivos en lo que respecta a la inclusión de leguminosas y gramíneas en programas de biofortificación agronómica con Se en la región (Poblaciones *et al.*, 2013; Rodrigo *et al.*, 2013). El objetivo del presente trabajo consiste en determinar el aumento de selenio en la biomasa herbácea tras su aplicación en forma de selenito sódico a dosis de 10 g Se ha⁻¹, así como determinar la persistencia del mismo después de la aplicación de un aprovechamiento invernal.

MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en una finca de la provincia de Badajoz, en el término municipal de La Coronada (38°58'16,18" N y 5°35'28,51" O) perteneciente a la comarca de La Serena, dedicada a la producción de pastos y su aprovechamiento por ganado ovino. El clima de la zona es mediterráneo caracterizado por una pluviometría anual de 496 mm y una T^a media anual de 16,6°C (media de los 30 años). Durante la campaña agrícola 2012-2013 se registró una precipitación anual de 514 mm, valor ligeramente superior a la media, con un mes de marzo atípicamente húmedo, en el que se registró el 25% de la precipitación anual, aunque el invierno fue más seco de lo esperado y en el

verano apenas se registraron precipitaciones. Por su parte, la T^a media fue similar a la del año medio, (16,2 °C).

El estudio se realizó sobre pastos herbáceos en un suelo franco-arcillo-arenoso, ácido (pH=6,00), con un nivel de materia orgánica relativamente alto (2,79%) debido a la presencia del ganado. El contenido de P Olsen fue de 5,5 ppm. También se determinaron los niveles de Ca (6,30 meq/100 g), K (0,85 meq/100 g) y Na (0,17 meq/100 g). Por su parte, la cantidad de Se (así como la de Mg) fue tan baja, que ni siquiera fue detectable (< 1 ppb).

El diseño del ensayo se planteó mediante el uso de parcelas sub-subdivididas (split split plot). El diseño experimental consistió en la aplicación o no de 250 kg ha⁻¹ de superfosfato de cal al 18% a una parcela de 20 m x 40 m, siendo la subparcela la aplicación o no de selenato sódico (10 g de Se ha⁻¹) en parcelas de 2 m x 3m y la sub-subparcela el momento de aprovechamiento (con o sin aprovechamiento invernal) en 1 m² y con 4 repeticiones. La aplicación de superfosfato se llevó a cabo a principio de otoño, con las primeras lluvias, mientras que la de selenato se hizo a mediados-finales de enero, 20 días antes del aprovechamiento invernal. El área experimental fue pastoreada con un rebaño de ovejas de raza Merina con pastoreo continuo diferido en invierno y fi-

nales de primavera. Para estimar la producción de biomasa aérea se utilizaron jaulas de exclusión de 1 m² realizándose los controles en febrero y mayo (con y sin aprovechamiento en febrero). La hierba cosechada fue desecada a en estufa a 65 °C hasta peso constate.

En contenido total de selenio del pasto se analizó sobre muestras digeridas con 1 g de muestra + 2 ml de ácido nítrico ultrapuro, 2 ml de peróxido de hidrógeno y 25 ml de agua MilliQ, usando un ICP-MS (Inductively-Coupled Plasma Mass Spectrometer) (Agilent 7500ce, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA).

Para determinar el efecto de los fertilizantes aportados, así como el momento de aprovechamiento de la hierba sobre la producción de materia seca y el contenido de selenio en el pasto, los resultados fueron sometidos a un análisis de la varianza

(ANOVA) y al test MDS para la comparación entre medias, en el caso de diferencias significativas, ($P \leq 0,05$) utilizando el paquete estadístico STATISTIX 8.1.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La aplicación de Se influyó significativamente en el rendimiento en M.S. del pasto, prácticamente duplicando la media en cada momento de aprovechamiento (Figura 1); 617 y 318 kg MS ha⁻¹ en in invierno con y sin Se respectivamente, 2923 y 1172 kg MS ha⁻¹ en primavera y 2362 y 1200 kg MS ha⁻¹ en la suma de invierno más primavera.

Esta variación en el rendimiento en M.S. en ambientes similares y para cebada ya fue descrita por Rodrigo *et al.*, (2013) y podría ser explicada por la protección frente a estreses abióticos que confiere el Se a las plantas (Yao *et al.*, 2013).

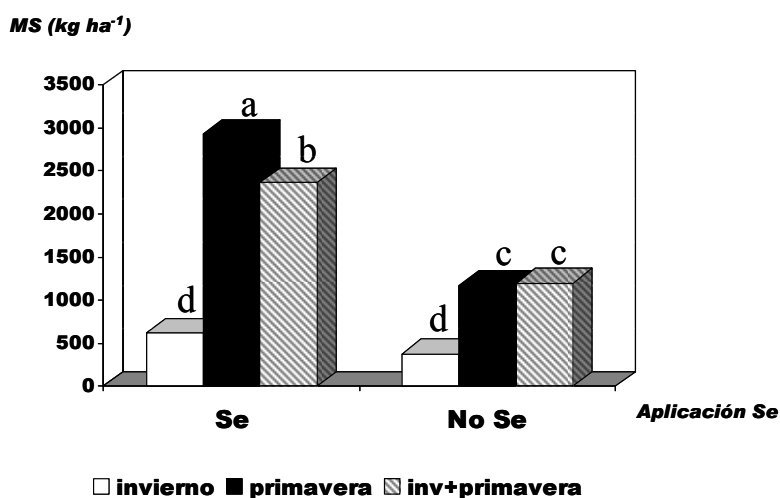


Figura 1. Efecto de la interacción aplicación de selenio*momento de corte sobre la producción de M.S. en kg ha⁻¹. Letras distintas indican diferencias significativas en la interacción

Por otra parte, el contenido de Se de la M.S. se analizó teniendo en cuenta el momento del aprovechamiento, la aplicación o no de Se y de la fertilización fosfórica, siendo significativa esta triple interacción. La aplicación de una dosis de 10 g de Se ha⁻¹ sobre el pasto, produjo una concentración 578 veces mayor a la registrada sin fertilización con Se.

Los pastos de los tratamientos sin aplicación de selenio, presentaron los valores más bajos para este elemento, independientemente de la aplicación o no de superfosfato de cal. En los pastos, en los que se había aplicado selenio, los mayores contenidos de este elemento se registraron en el corte de invierno y los menores en el corte de primavera donde se cortó en invierno. El aporte de superfosfato de cal influyó en el contenido de selenio del pasto procedente del corte único de final de primavera (Figura 2). Estos resultados remarcan todavía más la necesidad de la biofortificación con Se en la zona de estudio, pues, sin ella, el contenido de este elemento sería prácticamente inapreciable y por tanto obliga a mantener las vacunaciones como método para evitar las enfermedades por carencia de Se.

Como se ha indicado, las diferencias según el momento del aprovechamiento fueron significativas, produciéndose en el aprovechamiento invernal una concentración superior a la obtenida en primavera (Figura 2).

Esto se explica por la rápida disposición del selenato para ser absorbido por la planta (Gissel-Nielsen, 1998) que propició una gran acumulación antes del primer corte. A pesar de la aplicación temprana del Se y de un aprovechamiento invernal, los contenidos de Se en primavera, resultan positivos, pues permite, o bien mantener el Se en la planta o permitir una cierta reincorporación del Se al flujo de la planta desde las raíces una vez comienza el rebrote cuando se ha pastoreado en invierno. Esto obedece al hecho de que el selenato, una vez aplicado y absorbido por la planta, se reduce a selenito y mientras que gran parte se usa para producir selenoproteínas como la selenometionina (Broadley *et al.*, 2006), otra parte puede almacenarse como selenito en las raíces (Asher *et al.*, 1977). Se puede esperar entonces que tras el corte, una vez que comienza el rebrote, el selenito conservado en las raíces vuelva a movilizarse y a estar disponible para el conjunto de la planta, lo cual explicaría los resultados obtenidos. El hecho de la existencia de grandes similitudes entre S y Se podría explicar el importante incremento de la cantidad de biomasa al aplicar Se, debido a que está probado que el S tiene un efecto positivo en el crecimiento de las plantas debido a la mejora en la absorción de nutrientes (Shinmachi *et al.*, 2010), mostrando resultados similares a la aplicación de N).

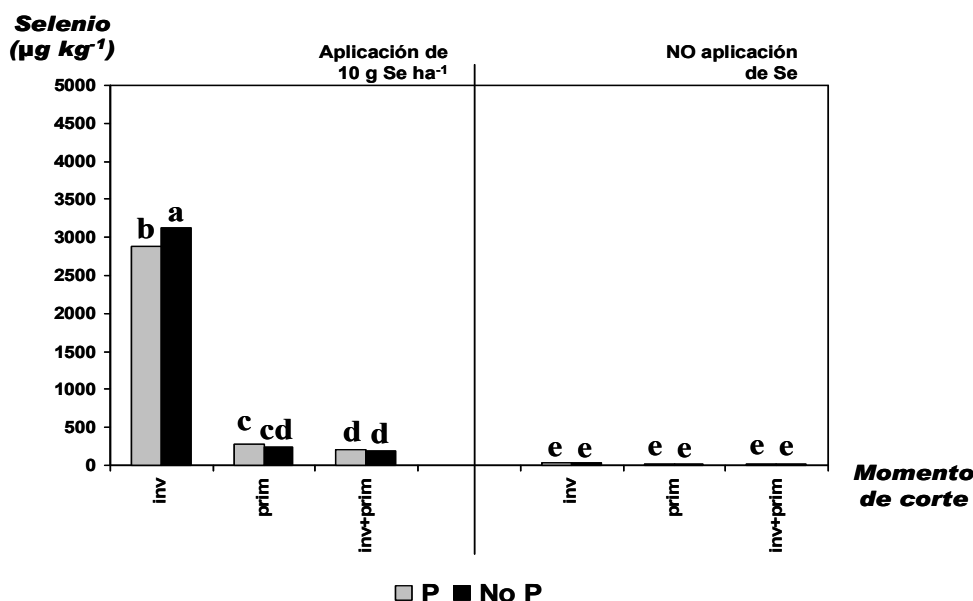


Figura 2. Efecto de la interacción aplicación de selenio*momento de corte*aplicación de fósforo sobre el contenido en Se ($\mu\text{g Se kg}^{-1}$) de la biomasa. Letras distintas indican diferencias significativas en la interacción.

Existen estudios que determinan que el Se comparte transportadores con el P, en cuanto absorción por la planta se refiere (Li *et al.*, 2008), y que la carencia de P potencia la acumulación de selenato en la planta. La literatura científica sobre el efecto de la biofortificación con Se sobre un sistema natural de pastos es más bien escasa. Gupta (1995), con una dosis similar a la aplicada en este trabajo, determinó que la concentración en grano de cebada aumentaba hasta casi $400 \mu\text{g Se kg}^{-1}$. En nuestro caso, los valores mucho más elevados podrían deberse a un mejor comportamiento de un sistema polifito y a que se midió en biomasa. Estos sistemas, al tener gran proporción de gramíneas y leguminosas, cuya eficacia por separado en programas de biofortificación agronómica (Rodrigo *et al.*, 2013; Poblaciones *et al.*,

2014), está más que probada, pueden favorecer un efecto de retroalimentación que eleve los valores de absorción por encima de aquellos obtenidos en sistemas monoculturales.

CONCLUSIONES

Al considerarse un solo año de estudio, las conclusiones obtenidas deberán cotejarse con futuras experiencias en el mismo campo. No obstante, parece que la aplicación de Se al pasto natural, puede aumentar considerablemente la cantidad de Se en el pasto herbáceo, contribuyendo a una mejora en el estatus de Se en los animales que lo aprovechan. La aplicación de P al suelo, puede perjudicar la absorción del Se por parte de las plantas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS E.D., HARTLEY W.J. Y GRANT A.B. (1968) Selenium-responsive diseases of animals in New Zealand. *New Zealand Veterinary Journal*, 16, 3-17.
- ASHER C.J., BUTLER G.W. Y PETERSON P.J. (1977) Selenium transport in root systems of tomato. *Journal of Experimental Botany*, 28, 279-291.
- BROADLEY M.R., WHITE P.J., BRYSON R.J., MEACHAN M.C., BOWEN H.C., JOHNSON S.E., HAWKESFORD M.J., MCGRATH S.P., ZHAO F.J., BREWARD N., HARRIMAN M. Y TUCKER M. (2006) Biofortification of UK food crops with selenium. *Proceedings of the Nutrition Society*, 65: 169-181.
- GISSEL-NIELSEN G. (1998) Effects of selenium supplementation of field crops. En Frankenberger WT Jr, Engberg RA (eds) *Environmental chemistry of selenium*. New York, Marcel Dekker Inc, pp. 99-128.
- GRAHAM R.D., WELCH R.M. Y BOUIS H.E. (2001) Addressing micronutrient malnutrition through enhancing the nutritional quality of staple foods: principles, perspectives and knowledge gaps. *Advances in Agronomy*, 70, 77-142.
- GUNES V., OZCAN K., CITIL M., ONMAZ A.C., ERDOGAN H.M. (2010) Detection of myocardial degeneration with point-of-care cardiac troponin assays and histopathology in lambs with white muscle disease. *The Veterinary Journal*, 184, 376-378.
- GUPTA U.C. (1995) Effect of Selcote ultra and sodium selenate (laboratory versus commercial grade on selenium concentrations in feed crops. *Journal of Plant Nutrition*, 3, 493-502.
- INIA (2005) Tipificación, cartografía y evaluación de los pastos de la Comunidad de Extremadura. Informe final proyecto OT00-037-C17-11.
- JIMÉNEZ A., ANDRÉS S., SÁNCHEZ J., BARRERA R., BENITO M. Y MANE M.C. (1998) Evaluation of different prophylactic methods against selenium deficiency in sheep grazing on range in Southwestern Spain. *Small Ruminant Research*, 29, 193-199.
- LI H. F., MCGRATH S. P. Y ZHAO F. J. (2008) Selenium uptake, translocation and speciation in wheat supplied with selenate or selenite. *New Phytologist*, 178, 92-102.
- POBLACIONES M. J., RODRIGO S., SANTAMARÍA O., CHEN Y. Y McGRATH S.P. (2014) Agronomic selenium biofortification in *Triticum durum* under Mediterranean conditions: From grain to cooked pasta. *Food Chemistry*, 146, 378-384.
- RODRIGO S., SANTAMARÍA O., LÓPEZ-BELLIDO F. J. Y POBLACIONES M. J. (2013) Agronomic selenium biofortification

of two-rowed barley under Mediterranean conditions. *Plant, Soil and Environment*, 59, 115-120.

SHINMACHI F., BUCHNER P., STROUD J.L., PARMAR S., ZHAO F.-J., McGRATH S.P. Y HAWKESFORD M.J. (2010) Influence of sulfur deficiency on the expression of specific sulfate transporters and the distribution of sulfur, selenium, and molybdenum in wheat. *Plant Physiology*, 153, 327-336.

VAN WINDEN S.C. Y KUIPER R. (2002) Congenital white muscle disease in a Belgian blue calf. *Tijdschr voor Diergeneeskde*, 127, 74-77.

WHELAN B.R., BARROW N.J. Y PETER D.W. (1994) Selenium fertilizers for pastures grazed by sheep. I. Wool and liveweight responses to selenium. *Australian Journal of Agricultural Research*, 45, 863-875.

WU L. (1994) Selenium accumulation and colonization of plants in soils with elevated selenium and salinity. En: Frankberger WT & Benson S. *Selenium in the Environment*, Marcel Dekker Inc, pp. 236-279.

YAO X., JIANZHOU C., XUELI H., BINBIN L., JINGMIN L. Y ZHAOWEI Y. (2013) Effects of selenium on agronomical characters of winter wheat exposed to enhanced ultraviolet-B. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 92, 320-326.