

XXIV Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal  
XL Congreso de la Sociedad Chilena de Producción Animal, A.G.  
Puerto Varas, 9-13 de noviembre de 2015

## Porcinos a pastoreo, estrategias para reducir su potencial impacto ambiental

Silvana Pietrosevoli<sup>1</sup>

North Carolina State University. Center for Environmental Farming Systems.  
Raleigh, North Carolina 27695-7621

### Pasture pork, strategies for minimizing environmental impact

**Abstract.** The environmental impact of pastured pork production systems is related to climate, soil type, vegetative ground cover species and grazing pressure. Each situation requires a specific analysis. Different strategies have proven to be beneficial to reduce the environmental impact of pastured pork, including: implementing rotational management, employing an appropriate stocking rate, periodically moving shelters, feeding and drinking structures, and utilizing crops for soil bioremediation. In order to maintain a vegetative ground cover of 75%, it is advisable to implement rotational grazing systems with stocking rates lower than 50 growing-finishing pigs/ha or 10 gestating sows/ha.

**Key words:** Environmental impact, Ground cover, Pastured pork

**Resumen.** El impacto físico y los efectos ambientales de la producción de porcinos al aire libre, están estrechamente relacionados con el clima, el tipo de suelo, la especie vegetal y carga animal en pastoreo. Cada situación requiere un análisis específico. Diferentes estrategias han demostrado ser beneficiosas para reducir el impacto ambiental de porcinos al pastoreo, incluyendo: establecimiento de rotaciones, ajustes de la carga animal, movimientos periódicos de reparos, bebederos y comederos, y la utilización de cultivos para remover el exceso de nutrientes depositados en el suelo. Para el mantenimiento de una cobertura vegetal de 75%, se recomienda implementar un manejo rotacional con cargas animales que no superen 50 cerdos en crecimiento-finalización/ha o 10 cerdas gestantes/ha.

**Palabras clave:** Cobertura del suelo, Impacto ambiental, Porcinos al pastoreo

#### Introducción

Los productores agrícolas, por ser responsables por el uso de una gran proporción de la superficie del planeta, son elementos claves para reducir el impacto ambiental de sus actividades, y requieren tener en consideración opciones que le permitan implementar prácticas de producción más sustentables.

En años recientes se ha observado un renovado interés en la producción de cerdos a pastoreo en Carolina del Norte. Entre las razones destacan: la posibilidad de utilizar terrenos de limitado potencial

agrícola, los menores costos de inversión inicial requeridos, así como la existencia de consumidores dispuestos a pagar un precio más alto, (40-60%) (Andresen y Redbo, 2007), por carne de cerdo que perciben como producida de una manera más natural, en sistemas que permiten un mayor bienestar animal y donde los animales pueden expresar sus comportamientos instintivos. En este artículo se presentan potenciales impactos negativos de la producción de porcinos a pastoreo, así como estrategias que permitirían minimizar este impacto.

Recibido: 2015-12-20. Aceptado: 2016-01-24

<sup>1</sup> Autor para La correspondencia: Silvana Pietrosevoli-Castagni [silvana.pietrosevoli.09@gmail.com](mailto:silvana.pietrosevoli.09@gmail.com)

### **Impacto ambiental de la producción de porcinos a pastoreo**

Si no son bien manejados, los sistemas de producción de porcinos a pastoreo pueden presentar riesgos ambientales (Miao *et al.* 2004). Los porcinos en pastoreo realizan una intensa exploración del suelo a través de su comportamiento de hozado. Esta actividad en conjunto con la compactación causada por el pisoteo y el revolcarse en pozas, a menudo provoca la degradación de la cobertura vegetal y la destrucción de la estructura del suelo. Los productores de porcinos al aire libre se enfrentan al reto de establecer unidades de producción que minimicen potenciales impactos ambientales negativos, incluyendo: el deterioro de la cobertura vegetal (Menzi *et al.*, 1998, Rachuonyo y McGlone, 2007; Pietrosemoli y Green, 2009; Pietrosemoli *et al.*, 2009), la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Monteverde *et al.*, 2011), la compactación del suelo (Bordeaux *et al.*, 2014), y altas acumulaciones de nutrientes (Quintern y Sundrum, 2006) así como una irregular dispersión de éstos en el área bajo pastoreo (Eriksen, 2001). De no controlarse la destrucción de la cobertura vegetal, se corre el riesgo de que las áreas de suelo desnudo se erosionen rápidamente (Evans, 2004; Boardman, 2013). Así ocurre escorrentía, lixiviación de nitrógeno y volatilización de amoníaco (Williams *et al.*, 2000), lo que a su vez, originaría contaminación atmosférica y de aguas subterráneas y superficiales.

Los potenciales daños ambientales que podrían acarrear los porcinos a pastoreo en bosques o plantaciones de árboles han sido resumidos por Campodoni *et al.* (2003) y Pistoia y Ferruzzi (2010) como: el deterioro de la cobertura vegetal, la alteración del horizonte de hojarasca y humus, daños a los árboles provocados por excavación de su sistema radical y por la eliminación de la corteza de raíces y troncos (consecuencia de la acción de restregarse contra ellos), la remoción de plántulas y rebrotes, la creación de pozas grandes y profundas, y de senderos compactados. La compactación resulta del recorrido rutinario de los mismas rutas expuestas a la acción de los elementos climáticos, que al carecer de cobertura pueden originar erosión, escorrentía y movilización de sedimentos y nutrientes, y en casos extremos deslaves. Estos autores señalan también el daño ocasionado a la fauna que vive sobre y bajo tierra, como anfibios, reptiles, aves y pequeños mamíferos, así como a su hábitat.

Uno de los objetivos del manejo de porcinos a pastoreo debe ser el mantener una cobertura vegetal apropiada, la cual no solamente provee forraje y hábitat a los porcinos, sino que contribuye a extraer y utilizar los nutrientes disponibles, minimizando las

pérdidas potenciales de nitrógeno y la acumulación de fósforo en el suelo. La cobertura vegetal contribuye a que los nutrientes provenientes de los desechos porcinos, permanezcan atrapados entre las plantas y el suelo y evita la escorrentía hacia aguas superficiales. La cobertura vegetal también influencia el bienestar animal, pudiendo modificar la temperatura cerca de la superficie del suelo mejorando el confort de los animales a pastoreo, y también reducir problemas articulares en los animales. Un beneficio indirecto es la preservación de la fauna del suelo, contribuyendo a mantener la biodiversidad.

El mantenimiento de una cobertura vegetal adecuada requiere implementar estrategias de manejo de los porcinos en el pastizal. Las estrategias de pastoreo incluyen la selección del número y la clase de animales, y su distribución en un área por un tiempo determinado. El manejo del pastoreo en cuanto a frecuencia, tiempo, grado y uniformidad de uso afecta las especies de plantas sobrevivientes. El empleo de estrategias de manejo no adecuadas, como es el caso de altas cargas animales, pueden acelerar la degradación del sistema (Rachuonyo y McGlone, 2007).

El sistema de pastoreo más común entre los productores de porcinos al aire libre es el manejo continuo durante toda la duración de la etapa productiva. Para proteger la cobertura vegetal, pueden utilizarse sistemas de pastoreo rotacional para disminuir la presión animal sobre una porción determinada del área durante cierto tiempo, en consecuencia la vegetación puede beneficiarse de no ser pastoreada, pisoteada o disturbada (Vittoz y Hainard, 2002; Salomon *et al.*, 2005; Quintern, 2005; Galvão-Leite *et al.*, 2006). Un beneficio adicional sería la manipulación del comportamiento excretor de los animales, a través de los cambios frecuentes de las zonas de alimentación, los reparos y las estructuras de sombra (Eriksen, 2001; Quintern y Sundrum, 2006, Eriksen *et al.*, 2006), lo que permitiría potencialmente obtener una mejor distribución de los nutrientes en las parcelas (Stern y Andresen, 2003).

#### **Estrategias para minimizar el impacto ambiental de los porcinos a pastoreo**

Las estrategias para reducción de impacto ambiental se inician seleccionando un área con bajo riesgo de erosión para el establecimiento de la unidad de producción. La cercanía a fuentes de agua, la precipitación anual, las condiciones físicas de los suelos y la pendiente son factores a considerar cuando se selecciona el área. Deben respetarse un mínimo de 100 m de distancia de cursos de aguas superficiales y 50 m de manantiales, pozos y otras fuentes de agua potable. No es conveniente utilizar áreas con pendientes superiores a 10° ni con longitud mayor a

200 m (Boardman, 2013). Áreas con piedras o tendientes a la acumulación de agua pueden ocasionar daños en las patas de los animales. Las unidades de producción deben instalarse en áreas con vegetación bien establecida.

Un diseño apropiado del trazado de las instalaciones toma en consideración la pendiente y evalúa la conveniencia de diseños cuadrados, rectangulares o radiales (Thorton, 1990). Esto permite un uso efectivo del área disponible, evitando la formación de canales de agua y deterioro de la estructura del suelo. Debe prestarse una consideración especial a la ubicación y mantenimiento de los caminos internos así como a los portones y a las áreas adyacentes a estos, ya que en sus inmediaciones tiende a concentrarse la actividad animal. En áreas en pendiente, es recomendable ubicar los caminos siguiendo las curvas de nivel y de ser posible colocar los portones en la cima de los campos. Las estaciones para el suministro de agua y alimento deben ubicarse en áreas de bajo riesgo de erosión. Se precisa controlar o, de ser posible, evitar totalmente el acceso de los porcinos a los cursos de agua, así como a sus bancos y lechos. Es conveniente el uso de vehículos livianos equipados con neumáticos de baja presión.

El establecimiento y mantenimiento de cobertura vegetal en las áreas de drenaje ayuda a interrumpir la escorrentía, absorber nutrientes, atrapar sedimentos, proveer mejor infiltración y actúa como hábitat para vida silvestre, en especial insectos. Las áreas en pendiente pueden beneficiarse de franjas bajo especies perennes paralelas a las curvas de nivel, cuya amplitud variara en función con el suelo, la pendiente y el clima, considerando como mínimo un ancho de 6 m.

Las especies forrajeras deben adaptarse a las condiciones locales de suelo y clima, y ser resistentes a los comportamientos de pastoreo y hozado de los porcinos. Las especies nativas y las perennes son buenas opciones, ya que son tolerantes a la sequía, requieren bajos insumos y poseen adecuado valor nutritivo. Las especies que se reproducen mediante rizomas, tales como *Cynodon dactylon*, *Festuca rubra* y *Poa pratensis* representan opciones interesantes (Williams *et al.*, 2000, Pietrosevoli *et al.*, 2012).

Un manejo apropiado de áreas de pastoreo para porcinos requiere un monitoreo cuidadoso y flexibilidad para mover los animales cuando se detecte daño a la cobertura vegetal. Los porcinos tienden a pastorear en grupos, lo que puede originar áreas sobrepastoreadas y otras subpastoreadas en el mismo pastizal. El daño se intensificara con el tiempo de ocupación. Es importante implementar la rotación de las estaciones para el agua y el alimento (Eriksen *et al.*, 2006; Quintern y Sundrum, 2006). Esto evita el daño a

la cobertura vegetal, la acumulación de nutrientes, la compactación y el "poaching" (daño causado por las pezuñas sobre suelo húmedo). Estas situaciones sugieren el manejo rotacional como el más apropiado para el manejo de pastizales con esta especie animal. Además, el pastoreo rotacional ayuda a romper los ciclos de desarrollo de parásitos y otros patógenos causantes de enfermedades contagiosas. Para garantizar la sobrevivencia de las especies vegetales, es importante proporcionar un periodo de descanso suficientemente largo que permita la recuperación de las especies bajo pastoreo.

El deterioro de la cobertura vegetal, la erosión, la lixiviación del nitrógeno y la compactación del suelo han sido relacionadas con la carga animal (Rachuonyo y McGlone, 2007). El establecimiento de la carga animal más adecuada estará en función del suelo, el clima, la especie vegetal y el estado fisiológico de los cerdos a pastorear. La implementación de cargas más bajas contribuye con la sobrevivencia de la vegetación, menor deposición de nutrientes y menor carga parasitaria. Un elemento adicional a considerar es la altura de las plantas. Andersen y Redbo (1999), señalan mayores daños a la cobertura y al suelo cuando se pastorean pastizales con baja oferta forrajera.

Los alimentos concentrados representan una gran proporción de la dieta de los porcinos, lo que genera acumulación de nutrientes en el suelo en concentraciones superiores a los requerimientos de las especies forrajeras. Esto representa un riesgo de pérdidas de nutrientes por lixiviación y escorrentía. Un plan de manejo de nutrientes, con muestreos de suelo periódicos, ayuda a minimizar las pérdidas de nutrientes y la contaminación de aguas subterráneas o superficiales.

Es de importancia proteger las áreas donde los porcinos concentran sus actividades, tales como alrededor de reparos, comederos y bebederos. Evite el "poaching" colocando superficies firmes y absorbentes alrededor de bebederos, aspersores y pozas de agua. Para evitar el pastoreo cuando el suelo está húmedo, lo que causaría "poaching", dañaría la estructura del suelo, ocasionaría erosión y escorrentía, puede implementarse el uso de áreas de uso intensivo en zonas planas y bien drenadas, lejanas de los cursos de agua. Puede utilizarse paja para proteger las áreas de suelo desnudo y disminuir el riesgo de erosión.

La inclusión de los porcinos en el sistema de rotación de cultivos de la finca, permitiría beneficiarse del potencial de preparación de tierras de estos animales, a través del hozado, desmalezado, mezcla y potencial fertilizante de las deyecciones. Con esta práctica se lograría remover una proporción de los nutrientes depositados en el suelo, reduciendo el

riesgo de contaminación de suelos y aguas, mientras que las cosechas pueden formar parte de los programas alimenticios reduciendo la cantidad de alimento importado al sistema. Se sugiere no utilizar las parcelas con cerdos por más de dos ciclos consecutivos en las áreas de engorde y dos años en las áreas de reproducción. A la salida de los porcinos, los pastizales pueden regenerarse dispersando el estiércol, aflojando las áreas de suelo compactadas y resemebrando. Si el daño es localizado, aplicaciones dirigidas de herbicidas, fertilizantes y semillas pueden ser suficientes.

### Experiencias alcanzadas en el centro para sistemas agrícolas ambientales (Center for Environmental Farming Systems - CEFS)

En 2007 el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, a través de su agencia NRCS (Natural Resources Conservation Service) de North Carolina, elaboró una guía técnica para planificadores de unidades de producción de porcinos al aire libre, con el objeto de reducir el potencial impacto ambiental de este tipo de unidades de producción. En la misma, se señalaba la conveniencia de mantener 15% de la superficie como áreas de uso intensivo y un mínimo de 75% de cobertura vegetal en el resto del área (NC/NRCS-USDA, 2007). Para definir estrategias de manejo que permitan lograr los objetivos planteados por NC-NRCS, investigadores del CEFS están llevando a cabo actividades de investigación y de extensión para proponer sistemas de producción de porcinos a pastoreo que permitan al productor obtener una adecuada productividad con un mínimo impacto ambiental. A la fecha se han conducido investigaciones con el objeto de mantener la cobertura vegetal de las especies: *Lolium arundinaceum* (Schreb.), *Panicum virgatum* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Sorghum bicolor* (L.), *Lolium perenne* L. ssp. *Multiflorum* (Lam.) y *Secale cereale* L., bajo diferentes cargas animales y sistemas de pastoreo con cerdas gestantes o animales en crecimiento-finalización, y de reducir la acumulación de nutrientes en el suelo. Resultados obtenidos en CEFS, indican que cargas superiores a los 50 cerdos en crecimiento-finalización/ha tienen efectos negativos en el mantenimiento de una cobertura vegetal apropiada (alrededor del 75%) de los pastos *Panicum virgatum*, *Lolium arundinaceum* (Schreb.) y *Cynodon dactylon* (L.) Pers. Para el *C. dactylon* bajo manejo rotacional, la carga animal no debe superar las 10 cerdas gestantes/ha. Al evaluar la estrategia de movilización semanal de los reparos, bajo una carga animal equivalente a 74 cerdos en crecimiento-finalización/ha (promedio 4.547 kg de peso vivo/ha durante 12 sem) y pastoreo continuo, no presentó los beneficios esperados en relación al mantenimiento de la cobertura vegetal de *Sorghum*

*bicolor* (L.), ni de una mezcla de *Lolium perenne* L. ssp. *Multiflorum* (Lam.) y *Secale cereale* L. Tampoco contribuyó a mejorar la distribución de nutrientes en comparación con el mantenimiento de las instalaciones fijas, sin embargo se observó un efecto beneficioso en la reducción de la compactación del suelo (Bordeaux *et al.*, 2014). El establecimiento y posterior cosecha como heno, de una mezcla de centeno (*Secale cereale* L.) y raygrass (*Lolium perenne* L. ssp. *Multiflorum* (Lam.)), seguido por sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.)), después de dos grupos de cerdos, funcionó como estrategia de bioremediación para la remoción de los nutrientes depositados en el suelo, alcanzándose concentraciones similares a las presentes antes del pastoreo de los cerdos en el área (Renner, 2011). Los sistemas de manejo rotacional y en franjas permitieron mantener una mayor cobertura vegetal de *Lolium arundinaceum* (Schreb.), con una carga animal equivalente a 50 cerdos en crecimiento-finalización/ha (promedio 2.920 kg de peso vivo/ha durante 12 sem), y presentaron menor concentración de nutrientes en el suelo en comparación con el manejo continuo. Sin embargo, el manejo en franjas implicó un mayor esfuerzo al tener que movilizar semanalmente los reparos, y las estaciones de alimentación y bebida.

Para una producción de cerdos al pastoreo más sostenible se recomienda:

1. Diseñe un sistema de producción flexible, que se adapte a las condiciones de su finca.
2. Escoja una raza porcina adaptada al manejo al aire libre.
3. Seleccione un área donde se minimice la escorrentía hacia cursos de agua.
4. Utilice una especie o una mezcla de forraje(s) adaptado(s) a las condiciones edafo-climáticas y resistentes al manejo con porcinos.
5. Establezca "filtros" de vegetación que limiten la escorrentía hacia cursos de agua o drenajes.
6. Incluya en los programas de alimentación forrajes alternativos disponibles localmente.
7. Implemente prácticas de manejo para reducir impacto ambiental, adaptándolas a la estación:
  - Ajuste la carga y el período de ocupación de acuerdo al clima, suelo, drenaje y habilidades del productor.
  - Establezca periodos de descanso para las parcelas.
  - Planee movimientos periódicos de las estructuras y equipos.
  - Implemente un sistema de manejo de pastoreo rotacional.
  - Evite el pastoreo en suelos húmedos.
  - Proteja las áreas más sensibles a la compactación del suelo.

- Reduzca el desperdicio de alimento.
- Utilice cultivos para remover los nutrientes depositados.
- Lleve a cabo, periódicamente, análisis de suelos.

### Implicaciones

El impacto físico y los efectos ambientales de porcinos al aire libre están estrechamente relacionados con el clima, el tipo de suelo, la especie vegetal y el animal en pastoreo. Cada situación requiere un análisis específico.

Diferentes estrategias han demostrado ser beneficiosas para reducir el impacto ambiental de

porcinos al pastoreo, incluyendo: disminuciones de la carga animal, reducción del periodo de ocupación, movimientos periódicos de reparos, bebederos y comederos, establecimiento de rotaciones y la utilización de cultivos para remover el exceso de nutrientes depositados en el suelo.

### Literatura Citada

- Andersen N. and I. Redbo. 1999. Foraging behaviour of growing pigs on grassland in relation to stocking rate and feed crude protein level. *Appl Animal Behav Sci* 62:183-197.
- Boardman J. 2013. Soil Erosion in Britain: Updating the Record. *Agriculture (Basel)*. 3(3):418-442 Doi 10.3390/agriculture3030418.
- Bordeaux C., J. Grossman, J. White, D. Osmond, M. Poore, and S. Pietrosemoli. 2014. Effects of rotational infrastructure within pasture-raised pig operations on ground cover, soil nutrient distribution, and bulk density. *J. Soil Water Conser.* 69(2):120-130. <http://dx.doi.org/10.2489/jswc.69.2.120>.
- Campodoni G., G. Fabbio, y O. Franci. 2003. Valorizzazione delle risorse boschive con l'allevamento suino. En: Toscano, G., Lazzaroni, C. y D. Biagini, (Eds.), *Parliamo di allevamenti alternativi e valorizzazione del territorio*. Cuneo, Italia. p. 27-44.
- Eriksen, J. 2001. Implications of grazing by sows for nitrate leaching from grassland and the succeeding cereal crop. *Grass Forage Sci.*, 56(4): 317-322. Doi:10.1046/j.1365-2494.2001.00279.x.
- Eriksen, J., J. E. Hermansen, K. Strudsholm, and K. Kristensen. 2006. Potential loss of nutrients from different rearing strategies for fattening pigs on pasture. *Soil Use Manag.* 22:256-266. Doi: 10.1111/j.1475-2743.2006.00035.x.
- Evans R. 2004. Outdoor pigs and flooding: an English case study. *Soil Use Manage.* 20:178-181. DOI:10.1111/j.1475-2743.2004.tb00354.x.
- Galvão-Leite D. M., M. Abreu da Silva, R. Borges de Medeiros, J. C. de Saibro, M. A. Pavan, J. A. Zanella e M. A. Arrighi Barrey. 2006. Comportamiento de suinos submetidos a diferentes sistemas de pastejo em pastagem de trevo-branco. *R. Bras. Zootec.*, 35(4):1774-1779. ISSN:1516-3598.
- Menzi, H., W. Stauffer, U. Zihlmann, and P. Weisskopf. 1998. Environmental impacts of outdoor pig production. In Martinez J. and M. N. Maudet. (Eds): *Proc. 8th International Conference on the FAO SCORENA Network on Recycling of Agricultural, Municipal and Industrial Residues in Agriculture (RAMIRAN 98)*, Rennes (F) Mayo 26-29 1998, 2:31-39.
- Miao, Z. H, P. C. Glatz, and Y. J. Ru. 2004. Review of production, husbandry and sustainability of free-range pig production systems. *Asian-Austr. J. Anim. Sci.* 17(11):1615-1634. doi: <http://dx.doi.org/10.5713/ajas.2004.1615>.
- Monteverde S., A. Del Pino y B. Lladó. 2011. Cerdos a campo e impactos sobre el suelo. En: *Producción de cerdos a campo. Aportes para el desarrollo de tecnologías apropiadas para la producción familiar*. N. Barloco y A. Vadell. (Eds.) 56-61 pp. ISBN: 978 9974-563-85-8.
- NRCS. 2007. Conservation planning guidelines for outdoor swine operations. [http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/nrcs142p2\\_046565.pdf](http://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcs142p2_046565.pdf). Retrieved: Dec 15 2015.
- Pietrosemoli, S. and J. Green. 2009. Effects of stocking rate of mature sows on bermudagrass (*Cynodon dactylon*) ground cover during winter. *Memorias XXI Reunión Bienal ALPA*, p. 447-450. San Juan, Puerto Rico. 18-23 de octubre de 2009.
- Pietrosemoli, S., J. Green, and R. Vibart. 2009. Effects of stocking rate of weaned to finishing pigs on Bermudagrass ground cover. *J. Anim. Sci.* 87(E-Suppl. 2)/ *J. Dairy Sci.* 92(E-Suppl.)1: 449.
- Pietrosemoli, S., J. Green, C. Bordeaux, L. Menius, and J. Curtis. 2012. Conservation practices in outdoor hog production systems: Findings and Recommendations from the Center for Environmental Farming Systems. [http://www.cefs.ncsu.edu/publications/conservation\\_practices\\_2012.pdf](http://www.cefs.ncsu.edu/publications/conservation_practices_2012.pdf).
- Pistoia A. y G. Ferruzzi. 2010. Impatto ambientale da pascolamento suino. En *Allevamento animale e riflessi ambientali*. G. M. Crovetto y A. Sandrucci. Fondazione (Eds.) *Iniziative Zooprofilattiche e Zootecniche*. N 78. Brescia, Italia. p. 161-174.
- Quintern, M. 2005. Integration of organic pig production within crop rotation: Implications on nutrient losses. In A. Sundrum and F. Weissmann (Eds.) *Organic pig production in free range systems. Proceedings of Outdoor systems with fattening pigs - status quo and future developments in Western European countries*, Trenthorst, 18. December 2003. ISSN 0376-0723 ISBN 3-86576-005-8. p. 31-40.

- Quintern M. and A. Sundrum. 2006. Ecological risks of outdoor pig fattening in organic farming and strategies for their reduction - Results of a field experiment in the centre of Germany. *Agric. Ecosys. Environ.* 117:238-250. doi:10.1016/j.agee.2006.04.001
- Rachuonyo, H. A. and J. J. McGlone. 2007. Impact of outdoor gestating gilts on soil nutrients, vegetative cover, rooting damage, and pig performance. *J. Sust. Agric.* 29(3):69-87. DOI:10.1300/J064v29n03\_07.
- Renner, B. M. 2011. The effect of stocking rate history on soil nutrient levels and forage nutrient uptake in pasture hog production systems. Msc Diss. North Carolina State Univ., Raleigh. 82 p.
- Salomon, E., C. Benfalk, Q. Geng, C. Lindahl, K. Lindgren, K., and A. Torn. 2005. Outdoor pig systems in organic agriculture - animal environment, plant nutrient management and working environment. NJF-Seminar 369. Organic farming for a new millenium - status and future challenges. ISSN 1653-2015.
- Stern S. and N. Andresen. 2003. Performance, site preferences, foraging and excretory behaviour in relation to feed allowance of growing pigs on pasture. *Livest. Prod. Sci.* 79(2-3):257-265. Doi:10.1016/S0301-6226(02)00171-9
- Thorton, K. 1990. Outdoor pig production. (2<sup>nd</sup> Ed.) Farming press books. ISBN 0-85236-178-5, Ipswich. UK. 206 pp.
- Vittoz, P. and P. Hainard. 2002. Impact of free-range pigs on mountain pastures in the Swiss Jura. *Appl. Veget. Sci.* 5: 247-254 URL: <http://www.jstor.org/stable/1479072>.
- Williams, J. R., B. J. Chambers, A. R. Hartley, S. Ellis, and H. J. Guise. 2000. Nitrogen losses from outdoor pig farming systems. *Soil Use Manag.* 16:237-243. DOI: 10.1111/j.1475-2743.2000.tb00202.x