



Revista Cubana de Ciencia Agrícola

ISSN: 0034-7485

rcca@ica.co.cu

Instituto de Ciencia Animal

Cuba

Febles, J. M.; Vega, Marina B.; Febles, G.
Sistema integrador de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la erosión de los suelos en las
regiones cársticas de uso ganadero de Cuba
Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 42, núm. 3, 2008, pp. 313-317
Instituto de Ciencia Animal
La Habana, Cuba

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193015504016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica
Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Sistema integrador de métodos cualitativos y cuantitativos para evaluar la erosión de los suelos en las regiones cársicas de uso ganadero de Cuba.

J. M. Febles¹, Marina B. Vega² y G. Febles³

¹ Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez» Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de Las Lajas, La Habana

² Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echeverría» Ave. 114 No. 11901, Marianao, Ciudad Habana,

³ Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, La Habana, Correo electrónico: febles@isch.edu.cu

La aplicación de los mismos métodos, medios y escalas de representación, así como la utilización de nomenclaturas y de diversas técnicas de medición en el estudio de los distintos tipos de suelo, ocasiona problemas de comparación y frecuentes estimaciones disímiles en la evaluación del estado de erosión de los suelos en Cuba. La integración de diferentes métodos, como el gráfico-comparativo, el geofísico y morfoedafológico, así como la cartografía temática de los factores ambientales de un Sistema de Información Geográfica, complementado con los modelos de erosión, permite evaluar objetivamente y a mayor escala geográfica, la erosión potencial y actual de los suelos en las regiones ganaderas de Cuba, así como determinar su influencia en la modificación de las propiedades del suelo.

Palabras clave: *evaluación de la erosión, métodos cualitativos, métodos cuantitativos cartografía de factores, modelos de erosión, morfoedafología*

En la actualidad, en el ámbito internacional, la literatura especializada refiere una amplia variedad de metodologías para el estudio de la erosión de los suelos. Algunas se basan en observaciones directas de campo y otras, en la evaluación de los factores que influyen en la erosión y en la modelación (Gobin *et al.* 2003). Teniendo en cuenta que en Cuba no se dispone de una metodología común para evaluar la erosión de los suelos en los establecimientos ganaderos, el objetivo de este trabajo es presentar una metodología que integre los diferentes enfoques, los datos que se requieren, además del tipo de resultado que aporta, sea cualitativo o cuantitativo.

Las investigaciones acerca del riesgo de erosión del suelo se iniciaron desde las primeras décadas del siglo XX. Los resultados iniciales fueron de tipo cualitativo, no obstante se propusieron varios índices para evaluar la susceptibilidad a la erosión (Bennett 1926, Middleton 1930, Baver 1933, Bouyoucos 1935, Henin *et al.* 1958 y Leenher y De Boot 1959). Además, Zingg (1940) y Musgrave (1947), y desarrollaron las primeras ecuaciones empíricas para predecir la erosión de los suelos. A estas le sucedieron las de Smith y Whitt (1948) y Hudson (1961). Desde entonces hasta el presente, se han desarrollado una gran variedad de métodos.

Debe destacarse que esta propuesta es válida para evaluar la erosión de los suelos en las regiones cársicas de Cuba y otras similares de carso tropical. Además, puede generalizarse para otros ambientes morfoedafológicos (no cársicos). En este estudio se

Materiales y Métodos

La metodología estuvo orientada a evaluar la dinámica espacio-temporal de los procesos erosivos en regiones cársicas de la provincia La Habana, mediante la aplicación combinada de diversos métodos (geográfico-comparativo, geofísico, morfoedafológico y genético) y la incorporación de una nueva metodología para la Evaluación de la Erosión en las Regiones Cársicas (EVERC) en el ambiente de un Sistema de Información Geográfica (Gounou y Febles 1997, y Febles *et al.* 2005).

Se seleccionaron, a nivel local, tres unidades morfoedafológicas representativas de la subcuenca ganadera Mampostón (tabla 1). Posteriormente, se tomaron los perfiles principales y los puntos de control en los tercios superior, medio e inferior de las flexuras de las pendientes, para evaluar la dinámica de las propiedades de la cobertura edáfica en diferentes condiciones de uso y manejo, según las variaciones del microrelieve.

El trabajo de prospección pedológica incluyó el levantamiento de los suelos, mediante un esquema radial que comprendió en total 35 puntos con barrena y 12 perfiles principales y de control. Estos fueron descritos, muestreados y caracterizados hasta profundidades nunca inferiores a los 100 cm, para examinar la dinámica, manifestación e intensidad de la erosión, en correspondencia con las variaciones geólogo-geomorfológicas y el uso ganadero de cada una de las unidades morfoedafológicas seleccionadas. Se empleó el análisis descriptivo-comparativo, a profundidades de

Tabla 1. Características de las unidades morfoedafológicas de la subcuenca ganadera Mampostón

UNIDADES MORFO - EDAFOLÓGICAS	CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA DE LAS PENDIENTES	CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA - GENÉTICA DE LAS FORMAS CÁRSICAS	FASE DE LA MORFOGÉNESIS CÁRSICA	PROGNÓSTIC DEL FENÓMENO EROSIVO
Rosafé Signet- Aljibe	Predominantemente convexas, con inflexiones cóncavas próximas a los ponores.	Cársico - sufosivas Disolutivo - sufosivas Corrosivo de hundimientos	Paroxismal	Dolinas de absorción cársica en plena fase de desarrollo.
Boshmenier - Zenea	Esparcadoras de reptación en el dominio de los suelos pardos. Planas ligeramente inclinadas en el dominio de los suelos fersialíticos Superficies cóncavas, dominio de los suelos Ferralíticos Amarillos concrecionarios.	Corrosivo - erosivas. Corrosivas. Cársico - sufosivas	Paroxismal Incipiente Incipiente en avanzado estado de desarrollo	Reptación de suelos, afloramientos de rocas y carsolitos, cañadas cársicas. Dolinas de absorción en pleno desarrollo. Dolinas de absorción en pleno desarrollo. Roturas y desplazamientos de elementos estructurales

Resultados y Discusión

El Sistema Integrador de Métodos Cualitativos y Cuantitativos (tabla 2) permite obtener resultados desde una perspectiva verdaderamente genética, para precisar

en cada caso los agentes principales que intervienen en la erosión. Además, posibilita la determinación de los componentes del medio geográfico (naturales y socioeconómicos) que participan como factores de la erosión y provocan el surgimiento y la diferenciación

Tabla 2. Secuencia metodológica y aportes de los principales métodos de investigación para evaluar la erosión de los suelos de uso ganadero en Cuba con enfoque genético

Métodos	Descripción para su aplicación
Geográfico - comparativo	Caracteriza el ambiente geológico de formación en que transcurren los procesos de pedogénesis - morfogénesis, tanto en el contexto actual como paleogeográfico y en sentido más amplio, la dinámica de las propiedades de los suelos bajo diferentes condiciones de uso y manejo.
Descripción de perfiles y toma de muestras de suelos.	a- Selección de perfiles principales y puntos de control en los tercios superior, medio e inferior en las flexuras del microrelieve. b- Descripción morfológico-genética de los horizontes de los suelos. c- Toma de muestras por profundidades cada 10 cm. a partir de la superficie hasta la profundidad de los horizontes de diagnóstico erosivo A + B _{0-50cm} De ese nivel en adelante cada 20 cm, hasta profundidades nunca inferiores al metro. d- Selección en el transepto o toposecuencia de los perfiles con horizontes completos (sin erosión aparente), en calidad de perfiles de referencia o patrones e- Utilización de la nueva versión de la Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández <i>et al.</i> 1999)
Morfoedafológico	Desde una perspectiva genética permite acceder al medio biofísico, tanto en su descripción como en su dinámica, y precisar las fases de los procesos erosivos (incipiente o paroxismal)
Geofísico (sondeo eléctrico vertical) y perfilaje eléctrico	En las regiones cársicas permite caracterizar las condiciones morfoestructurales del subsuelo y el grado de desarrollo de los procesos cársicos.
Cartografía temática de factores en el ambiente de un SIG	a- Evalúa de forma cualitativa el riesgo de erosión potencial y actual de la cobertura edáfica. b- Método CORINE (1992), para la generalidad de los ambientes morfoedafológicos. c- Método EVERC (Vega y Febles 2006), para los geosistemas cársicos.
Modelos de erosión	a- Evalúan cuantitativamente la magnitud de pérdida de suelos b- En dependencia de la disponibilidad de los datos se seleccionarán algunos de los propuestos por la literatura mundial especializada

espacial de los procesos y formas erosivas presentes en las extensas áreas de suelos de uso ganadero en Cuba (Febles *et al.* 2007).

Durante los últimos 25 años, en la subcuenca ganadera Mampostón ocurre (Febles 1988, Gonou y Febles 1997, Febles *et al.* 2005 y Febles 2007) un intenso proceso cársico-erosivo que ha dado lugar a amplias y profundas dolinas. Estas producen un desmembramiento del relieve y por consiguiente, la existencia de áreas improductivas, tanto en zonas depresionales como en superficies adyacentes, que a modo de microcuencas operan bajo el influjo del proceso cársico-erosivo. Estas microcuencas reflejan la naturaleza de la estructura geológica y el proceso de la morfogénesis cársica, el cual se encuentra actualmente en la fase paroxismal.

Las aguas pluviales y las de riego superficial, portadoras casi siempre de cierto contenido de anhídrido carbónico en disolución, escurren por los diferentes elementos del relieve de forma de difusa. Estas se dirigen básicamente hacia las diferentes depresiones cársicas que funcionan como niveles de bases locales, con microcuencas bien definidas. Este flujo superficial resulta

además enérgico, como consecuencia de la convexidad manifiesta de las vertientes. Así lo es también el acusado desmembramiento horizontal del territorio, específicamente donde las diversas formas de absorción y sus elementos componentes ganan en magnitud y ejercen gradualmente mayor control en el escurrimiento superficial. Sin embargo, la cobertura de suelos ferralíticos puede modelar por acumulación estas depresiones (dolinas) y enmascarar, de cierto modo, el mecanismo de acción. En gran medida esto provoca la subvaloración de este proceso tan complejo. Al respecto, Valdés (1975) llegó a conclusión similar en diferentes estudios.

Esta manifestación superficial de los procesos cársicos se corresponde con el desarrollo de estos procesos en el subsuelo. Febles (1988) lo demostró al aplicar la Geofísica con los Métodos Eléctricos en la variante de Perfilaje y Sondeos Eléctricos en la subcuenca ganadera Mampostón. Otros autores (Valdés y Gil 1982, Valdés *et al.* 1984, Cuevas *et al.* 1986 y Cuevas y Gil 1988) también lo han validado en regiones aledañas.

Recientemente, la interpretación del sondeo eléctrico vertical (SEV) realizada por Lufriú *et al.* (2002) demostró

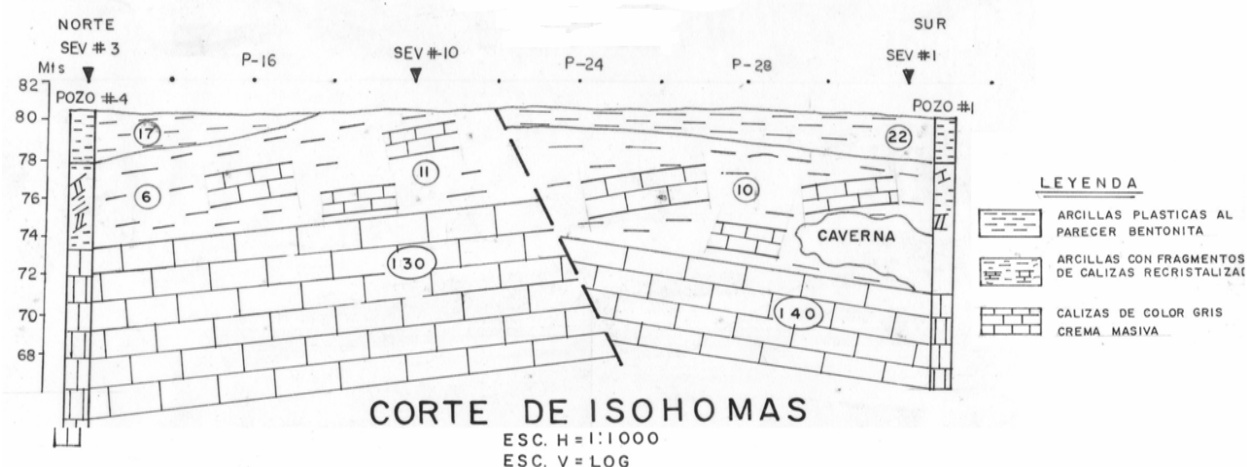


Figura 1 Sondeo eléctrico vertical aplicado en el Centro de Inseminación Artificial «Rosafé Signet» (Lufriú *et al.* 2002)

Tabla 3 Evaluación de la erosión actual en la subcuenca con la aplicación de diferentes métodos

Método	Unidad morfoedafológica	Grado de erosión
Geográfico - comparativo (Febles 1988 y Gounou y Febles 1997)	Rosafé Signet (Centro de Inseminación Artificial)	A+ B _{0-50 cm} = Moderadamente erosionado
	Boshmenier - Zenea	A+ B _{0-50 cm} = Sin erosión aparente - ligeramente erosionada
CORINE (1992): Índice de Erosión Actual	Rosafé Signet (Centro de Inseminación Artificial)	Categorías 1 y 3: Predominio de erosión baja con algunos sectores erosión alta
	Boshmenier - Zenea	Categorías 1, 2 y 3: Erosión baja y moderada con algunos sectores de erosión alta
EVERC (Vega y Febles 2006): Índice de Erosión Actual	Rosafé Signet (Centro de Inseminación Artificial)	Categorías 2 y 3: Incremento notable de la erosión moderada, con algunos sectores de erosión alta. Índice de carsificación 0.3 - 0.8

que los procesos cársico-erosivos continúan avanzando con el tiempo y dan lugar a nuevas dolinas en la subcuenca (Figura 1). Por tanto, la cobertura edáfica ferralítica continuará erosionándose por las nuevas formas de absorción que puedan manifestarse, producto del desarrollo del proceso de carsificación del subsuelo.

Con la aplicación del método EVERC (Vega y Febles 2006), se obtuvo la categoría moderada para ambas unidades y la alta, en sectores locales (tabla 3). Esto se atribuye a la inclusión del índice de carsificación en la aplicación de este método que, al mismo tiempo, permite establecer diferencias con respecto a los resultados obtenidos por el método CORINE (1992) en esta misma región.

Se distinguieron dos subtipos de suelos, clasificados según Hernández *et al.* (1999) como ferralítico rojo hidratado y ferralítico amarillo lixiviado típico. Estos, de acuerdo con las variaciones del material pétreo subyacente y con las microformas del relieve, difieren tanto en su régimen térmico como hídrico, lo que provoca su diferenciación espacial, morfológica, química y físico-química (tabla 4).

La evaluación conjunta de los valores obtenidos por la aplicación del modelo de Morgan *et al.* (1984), así como los volúmenes calculados se corresponden con las categorías de erosión moderada y alta, obtenidas por el método EVERC (Vega y Febles 2006). Además, demuestran que los suelos del agrupamiento ferralítico rojo y subtipos asociados están afectados por una modalidad específica de la erosión, que son los procesos cársico-erosivos. Estos dan lugar a la reducción considerable del fondo de tierra destinado a pastos para forrajes. Este resultado corrobora de forma cuantitativa lo informado en distintas investigaciones por Febles (1988), Gounou y Febles (1997), Vega (2006) y Febles (2007).

Sólo con la aplicación de la secuencia metodológica propuesta, que integra los métodos geográfico-comparativo, la descripción de perfiles y la toma de muestras, así como los métodos morfoedafológico, geofísico y la cartografía temática de factores y modelos de erosión, que tiene en cuenta los ambientes geológicos de formación y condiciones de uso, será posible

Tabla 4. Comportamiento de las propiedades físicas de los suelos. Unidad morfoedafológica insembración artificial «Rosafé Signet»

Inscripción Agraria «Rosario Sigüet»								
Prof.	Porcentaje de las fracciones, mm				Mg.m ⁻³		%	
(cm)	A. Gruesa 2-0.2	A. Fina 0.02	0.2- 0.02-0.002	Limo 0.02-0.002	Arcilla < 0.002	Densidad del Suelo	Densidad fase sólida	Pt
Perfil C1 (Levemente erosionado) (Febles 1988)								
Ferralítico rojo hidratado.								
0-10	18.52	17.20		13.20	51.08	1.35	2.68	54.00
10-20	20.03	15.52		12.40	52.05	1.37	2.70	54.00
20-30	19.20	14.50		12.00	54.30	1.40	2.79	54.30
30-40	14.95	11.50		12.10	61.45	1.38	2.78	52.20
40-50	14.50	8.50		10.40	60.60	1.37	2.78	51.10
50-70	13.60	8.90		10.30	67.20	1.36	2.78	51.04
70-90	5.70	9.30		11.20	73.80	1.34	2.79	50.94
90-120	5.45	7.85		11.80	74.90	-	-	-
120-140	5.39	6.40		12.80	76.01	-	-	-
Perfil C1 (Gonou y Febles 1997)								
Ferralítico rojo ridratado.								
0-10	20.72	17.44		12.97	48.87	1.34	2.72	55.61
10-20	20.08	15.96		11.99	51.97	1.36	2.77	56.25
20-30	20.66	13.97		11.65	53.72	1.25	2.82	55.19
30-40	14.97	11.72		11.97	61.34	1.35	2.84	53.58
40-50	13.91	10.13		10.92	65.04	-	-	-
50-70	11.34	9.82		11.50	67.34	-	-	-
70-90	5.69	9.24		11.35	73.72	-	-	-
Perfil C1 (Febles 2007)								
Ferralítico rojo ridratado.								
0-10	21.63	18.12		12.40	47.85	1.35	2.70	50.00
10-20	22.33	15.96		11.76	49.95	1.36	2.71	50.18
20-30	21.02	14.47		11.90	52.61	-	-	-
30-40	14.91	11.59		11.88	61.62	-	-	-
40-50	13.60	10.73		10.86	64.81	-	-	-

identificar la tendencia evolutiva de los procesos de degradación de los suelos, con la perspectiva de identificar los indicadores de sostenibilidad agroecológica en las regiones de uso ganadero en Cuba.

Referencias

- Baver, L. D. 1933. Some factors affecting erosion. *Agricultural Engineering*, 14:51
- Bennett, H. 1926. Some comparisons of the properties of humid-tropical and humid-temperate american soils. *Soil Sci.* 21:349
- Bouyoucos, G. J. 1935. The clay ratio as a criterion of susceptibility to erosion. *J. American Soc. Agron.* 27:738
- CORINE 1992. Soil erosion risk and important land resources. An assessment to evaluate and map the distribution of land quality and soil erosion risk. Office for official publications of the European Communities. EUR 13233. Luxemburgo.
- Cuevas, J. L. & Gil, J. L. 1988. Utilización del perfilaje eléctrico de resistividad empleando una configuración cuadrada de electrodos en las investigaciones del carso en Cuba. *Voluntad Hidráulica*. No.77. Especial. Año XXV. p. 22
- Cuevas, J. L., Valdés, J. J. & Gil, J. L. 1986. Aplicación de diferentes técnicas de procesamiento matemático a la información geofísica de zonas kársticas. *Ciencias de la Tierra y el Espacio*. Principales Resultados del Quinquenio 81-85. Institutos ACC. La Habana. pp. 34
- Febles, J. M. 1988. La erosión de los suelos en las regiones cársicas de la provincia de La Habana [inédito], tesis de Doctor, Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez»
- Febles, J. M. 2007. Integración de Métodos para Evaluar la Erosión de los Suelos en las Regiones Cársicas de Cuba Tesis de Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez»
- Febles, J. M., Pacheco, M. A., Castro, I. & Jerez L. 2005. Creación de una red de indicadores de sostenibilidad en áreas rurales de La Habana. Primer año de resultados. Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez»
- Febles, J. M., Vega, M., Febles, G., Pérez, A. & Jeréz, L. 2007. Criterios de selección para determinar valores umbrales de sostenibilidad de los suelos en áreas pilotos de La Habana, Cuba. I Seminario Internacional de Cooperación y Desarrollo en Espacios Rurales Iberoamericanos. Sostenibilidad e Indicadores. p. 325
- Gobin, A., Govers, G., Jones, R., Kirkby, M. & Posmas, C. 2003. Assessment and reporting on soil erosion. Background and workshop report. European Environment Agency. Tech. Report 94
- Gounou, E. & Febles, J. M. 1997. Aplicación del enfoque morfoedafológico al estudio de la variabilidad de algunos suelos en un geosistema cársico. Tesis de Doctor. Universidad Agraria de La Habana «Fructuoso Rodríguez Pérez»
- Henin, S., Mounier, G. & Combeau, A. 1958. Methode pour l'étude de stabilité structurale des sols. *Anal. Agron.* 1:71
- Hernández, A., Cabrera, A., Ascanio, M., Morales, M. & Rivero, L. 1999. Claves para la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba
- Hudson, N. W. 1961. An introduction to the mechanics of soil erosion under conditions of subtropical rainfall. *Rhodesia Sci. Assoc. Proc.* 49:14
- Leenher, L. & De Boot, M. 1959. Determination of aggregate stability by the change in mean weight-diameter. *Med. Landbouwhogeschool Gante* 24:290
- Lufriú, L., Stout, R., Suárez, V., Prieto, F. & Moya, J. 2002. Informe de los trabajos geofísicos y radiestésicos en un área al noreste de San José de las Lajas. Instituto de Geología y Paleontología. Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana, Editorial Científico – Técnica, La Habana, pp. 77 - 86.
- Middleton, H. E. 1930. Properties of soil which influence soil erosion. *Tech. Bull.*, 178. USDA. Washington D. C. Washington (EEUU).
- Morgan, R. P. C. 2001. A simple approach to soil loss prediction. a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena* 44:305
- Morgan, R. P. C., Morgan, D. D. V. & Finney, H. J. 1984. A predictive model for the assessment for soil erosion risk. *J. Agric. Eng. Res.* 30:245
- Musgrave, G. W. 1947. The quantitative evaluation of factors in water erosion - a first approximation. *J. Soil and Water Conservation* 2:133
- Smith, D. D. & Whitt, D. M. 1948. Evaluating soil losses from field areas. *Agric. Eng.* 29:394
- Valdés, J. 1975. La conductividad hidráulica anisotrópica y su relación con el carso. *Voluntad hidráulica* 33:15
- Valdés, J.J. & Gil, J. L. 1982. Aplicación de Métodos Geofísicos y geomatemáticos al estudio del área kárstica de Insunsa, La Salud, La Habana. Coloquio Internacional de Físico-Química e Hidrogeología Cársica del Caribe. La Habana, Cuba
- Valdés, J.J., Gil, J. L. & Cuevas, J. L. 1984. Empleo conjunto de métodos geofísicos y geomatemáticos en el estudio de áreas cársicas experimentales. XXVII Conferencia de Geología. Moscú. Resúmenes Vol. IV. p. 214
- Vega, M. B. 2006. Evaluación de la erosión de los suelos en las regiones cársicas de La Habana mediante el nuevo método EVERC. Tesis de Doctor. Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echeverría»
- Vega, M. B. & Febles, J. M. 2006. EVERC. Nuevo método de evaluación de la erosión de los suelos en regiones cársicas. XIII Conferencia de Ingeniería y Arquitectura. Instituto Superior Politécnico «José Antonio Echeverría». CD ROM
- Zingg, A. W. 1940. Degree and length of land slope as it affect soil loss in runoff. *Agricultural Engineering* 21:59