

Incidencia de la colocación de cuchillas circulares sobre patrones de roturación y energía requerida en escarificadores de arcos rígidos

**R. H. BALBUENA, A. M. TERMINIELLO, J. A. CLAVERIE,
P. M. MAC DONAGH & R. BARTOSIK**

*Departamento de Ingeniería Rural, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP.
CC 31, Avenida 60 y 119 (1900) La Plata, Argentina.*

BALBUENA, R. H., A. M. Terminiello, J. A. Claverie, P. M. Mac Donagh & R. Bartosik. 1997. Incidencia de la colocación de cuchillas circulares sobre patrones de roturación y energía requerida en escarificadores de arcos rígidos. Rev. Fac. de Agronomía, La Plata 102 (1): 51-57.

Se realizaron ensayos a campo con el objeto de determinar los efectos de la utilización de cuchillas circulares sobre la *performance* tractiva y la labor de cinceles de montantes rígidos. Se utilizó un bastidor de tracción libre y un tractor de 68,5 kW. Se realizaron 2 series de ensayos trabajando con arcos de escarificador rígidos interactuando y sin interacción, por delante de los cuales se colocaron cuchillas circulares sobre y entre las líneas de acción de las rejas sobre el terreno. En ambos ensayos se tomó como testigo el trabajo de arcos sin cuchillas. Se utilizó un diseño de bloques al azar, con 4 repeticiones. Para cada tratamiento se determinó el esfuerzo de tracción por medio de un integrador de esfuerzos LYP, el área removida con un perfilómetro y la velocidad de desplazamiento. Con estos datos se calculó la resistencia específica del implemento y la potencia insumida en la labor. La posición de las cuchillas afectó la roturación del suelo en el trabajo de los arcos sin interacción. La utilización de cuchillas entre las líneas de acción redujo, con respecto al trabajo sin cuchillas, los requerimientos de esfuerzo traccional en un 19,2 % y un 7,5 % con arcos sin interacción e interactuando, respectivamente. La ubicación de las cuchillas circulares entre la línea de acción de las rejas registró la menor resistencia específica al laboreo. El uso de cuchillas circulares modifica la energía requerida para la labranza del suelo con escarificadores de arcos rígidos.

Palabras clave: Cíncel, cuchillas circulares, tracción, resistencia específica.

BALBUENA, R. H., A. M. Terminiello, J. A. Claverie, P. M. Mac Donagh & R. Bartosik. 1997. Rotary coultter position effects upon rigid shank's chisel plows performance. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 102 (1): 51-57.

Field tests were carried out with the aim to evaluate the rotary coultter influence on chisel share efficiency. Two test series were conducted. In the first series, three interacting rigid shanks were used and the coultters mounted: a) immediately ahead and b) in the inter-line space of the shanks. In the second trial only one rigid shank (without interaction) was used and the rotary coultter placed in the same position. Both treatments were compared with the shanks working without coultters. A pull-type implement and a FWD, 68.6 kW tractor were used, and recorded the drawbar pull with the aid of a dynamograph. The loosened area was registered through a profile meter and calculated the specific resistance from this data. The loosened area was affected by the spatial arrangement of the rotary coultters. Significantly reductions on drawbar pull were registered with rotary coultters working in the interline space of the shanks respect the treatment without coultters. The drawbar pull reduction of interacting and no interacting tines were 7.5 % y 19.2 % respectively. The rotary coultters and his spatial arrangement show influence on the tillage efficiency.

Key words: Chisel plow, rotary coultter, traction, performance, specific resistance.

INTRODUCCION

El trabajo con escarificadores de cinceles se ha desarrollado en la Argentina a partir de la década del 70, buscando reducir los efectos de degradación del suelo que abarcan aproximadamente un 20 % de las tierras cultivables (Coscia, 1990). La presencia de rastrojo en superficie ha sido reconocida como uno de los principales aspectos a tener en cuenta en la lucha contra la erosión, tanto hídrica como eólica. En relación a ello, un sistema de labranza puede ser considerado conservacionista cuando sobre el terreno queda al momento de la siembra un 30 % de residuos vegetales (ASAE, 1992). Esto implica que, para alcanzar este objetivo, se deba disminuir lo más posible el número de pasajes sobre el terreno y que los implementos utilizados para la labranza primaria deban poseer como característica principal una gran capacidad de paso en condiciones de altos volúmenes de rastrojo.

En el trabajo con escarificadores ha sido reiteradamente mencionada la dificultad para el desplazamiento sobre el suelo con restos vegetales en superficie, debido al diseño de los montantes y la configuración espacial de los órganos activos.

Las cuchillas circulares son empleadas para auxiliar en el corte vertical del suelo y para cortar los residuos vegetales, de manera de disminuir las posibilidades de atoraduras (Srivastava *et al.*, 1994). El corte de los residuos producido por la cuchilla circular provoca la formación de un canal a través del cual el órgano activo puede pasar sin inconvenientes (Riley & Fielke, 1990). Sin embargo, la utilización de las mismas en laboreo primario con cinceles es aún poco difundida, siendo generalmente un equipamiento opcional en los equipos comerciales con alto costo de adquisición.

Existen 2 diseños difundidos en la actualidad de ubicación de las cuchillas circulares en escarificadores de cinceles: a) en forma

individual, inmediatamente por delante de cada arco y b) en forma conjunta, en la parte anterior del bastidor. En esta posición, el corte producido por cada cuchilla puede coincidir o no con la línea de acción de los arcos sobre el terreno. Maroni (1992) indica que la utilización de paquetes delanteros de cuchillas facilita la regulación de las mismas.

La roturación del suelo se produce al paso de los escarificadores al fallar el mismo como consecuencia de la tensión a la que es sometido. Por delante del arco, el suelo es fracturado a una distancia variable principalmente en función del ángulo de ataque de la reja y de la relación profundidad de labor/ancho de la reja. Payne & Tanner (1959), encontraron una alta correlación entre el esfuerzo de tracción y la longitud de la falla generada por delante de la reja. Cuando la relación profundidad/ancho del órgano activo se mantiene dentro del rango de 5 ó 7 : 1 es posible trabajar bajo el patrón de fallas crecientes (Spoor & Godwin, 1978) favoreciendo una menor resistencia específica cuando la separación entre las rejas se encuentra en el intervalo de $1,4 \pm 0,25$ veces la profundidad de labor (Soomro *et al.*, 1982). Spoor & Fry (1983), concluyeron que la reducción de la tensión vertical del suelo en profundidad, ya sea en forma general o localizada, tiende a favorecer el movimiento vertical del suelo reduciendo los riesgos de compactación.

Fielke & O'Driscoll (1986) trabajando con cuchillas circulares por delante de rejas de 0,4 m de ancho concluyeron que la adición de aquellas favorecía el movimiento del suelo hacia los costados en detrimento de la elevación del mismo. Indicaron, además, la formación de un cuerpo de arcilla por delante de la reja, que no es desplazado de ese sitio debido al corte del terreno producido por las cuchillas cuando las mismas trabajaron en la línea de acción de las rejas, con una visible reducción de la remoción del suelo.

En el caso de la utilización de cuchillas circulares en escarificadores de cinceles con

rejas reversibles, no resulta claro hasta el momento cuales serían las implicancias de la realización de un corte vertical del suelo previo al pasaje del órgano activo sobre los patrones de roturación del mismo y los parámetros de prestación tractiva del implemento.

Las hipótesis de trabajo fueron: 1) La energía requerida para la labor de cincelado es independiente de la utilización de cuchillas circulares. 2) La ubicación de cuchillas circulares no incide sobre los patrones de roturación de escarificadores de cinceles.

El presente trabajo tuvo por objeto valorar el efecto de las distintas configuraciones posibles de realizar en conjuntos de escarificador de cinceles con sistemas de corte de rastrojo con cuchillas circulares, sobre la eficiencia tractiva y la roturación del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se realizaron en la Estación Experimental "Julio Hirschhorn" perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, (34° 55'S y 57° 57'O), en un suelo Argiudol típico de textura franco limosa, con una humedad promedio del 16 %. La densidad aparente fue de 1,250 Mg.m⁻³. La resistencia a la penetración de 0,599 MPa en superficie, 1,256 MPa a 76,2 mm y 1,853 MPa a 152,4 mm con el cono de 3,2 cm² de área de base (ASAE S313.2, 1992). Presenta un horizonte A de 170 mm de desarrollo, de estructura suelta migajosa, media y fuerte en los primeros 50 mm y granular, media fina entre los 50 y 120 mm. Desde allí hasta los 170 mm se diferencia un horizonte A3 de máxima eluviación, de estructura masiva. De los 170 y hasta los 500 mm de profundidad se encuentra un horizonte B21, de textura Franco Arcillosa y estructura de grandes prismas compuestos.

Se realizaron 2 series de ensayos: a) con un conjunto de 3 arcos interactuando, b) con un solo arco (sin interacción). Los arcos fue-

ron montados sobre el bastidor con un distanciamiento de 300 mm entre las líneas de acción de los mismos para los ensayos con interacción. En ambos ensayos se utilizaron montantes rígidos a los efectos de evitar modificaciones del ángulo de ataque que pudieran enmascarar las variaciones en los parámetros de prestación a evaluar. Sobre los montantes fueron ubicadas rejas de diseño convencional de 51 mm de ancho, tal como las descritas por Balbuena *et al.* (1992), con un ángulo de ataque de 37°.

Con el objeto de posicionar las cuchillas para el corte del rastrojo se adaptó el sistema de fijación de cuchillas circulares utilizado en arado de reja y vertedera, de forma tal de poder modificar la profundidad de trabajo de las cuchillas en función de la profundidad de trabajo de las rejas de escarificador. Se usaron cuchillas circulares de borde liso de 480 mm de diámetro, a una profundidad de trabajo media de 55 mm.

En los ensayos de arcos interactuando las cuchillas circulares fueron ubicadas inmediatamente por delante de las rejas, por limitaciones en el posicionamiento debido al diseño del bastidor, de la siguiente manera: 1) 3 cuchillas, en forma coincidente con la línea de acción de las rejas (CSL), 2) 4 cuchillas, 2 internas y 2 externas, en el espacio entre las líneas de acción de las rejas y equidistantes a las mismas (CEL). Ambos tratamientos fueron contrastados con el trabajo de las rejas sin cuchillas de corte de rastrojo (SC). Para el trabajo sin interacción, las cuchillas se colocaron por delante de la reja a una distancia tal que el corte se produjera en forma previa al trabajo de roturación de la misma. Se utilizó 1 cuchilla sobre la línea de trabajo de la reja para el tratamiento (CSL) y 2 cuchillas para el tratamiento (CEL), tomándose como testigo la labor de un arco sin la asistencia de cuchillas.

Se utilizó un tractor de tracción simple de 68,5 kW con rodado directriz 7,50 x 18 y rodado motriz 18,4 x 34, contrapesado con las-

tre metálico y líquido alcanzando un peso estático de 4.090 kg. Se seleccionó la tercera marcha del grupo de velocidades medias, con una velocidad media real de 1,39 m. s⁻¹.

Los esfuerzos traccionales de cada tratamiento se tomaron con un integrador de esfuerzos LYP y una celda de carga de 35 kN de capacidad, interpuesta entre el tractor y el implemento (Mc Kyes, 1989). Luego de cada pasaje del implemento y previa remoción manual del suelo trabajado (Johnson, 1988), se efectuaron 4 determinaciones de perfilometría, a partir de las cuales se obtuvo el área trabajada por cada tratamiento (Terminiello et al., 1995).

Se empleó un diseño estadístico en bloques al azar, con cuatro repeticiones, con parcelas de 50 m de longitud, efectuándose las determinaciones sobre los 30 m centrales a fin de alcanzar una velocidad de desplazamiento estable del conjunto. Posteriormente, se efectuó un análisis de la varianza, siendo las diferencias cuantificadas por el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los efectos de la colocación de cuchillas circulares sobre la eficiencia en la roturación de arcos interactuando se muestran en la Tabla 1. El esfuerzo de tracción de los arcos interactuando sin cuchillas resultó un 8% superior al conjunto trabajando con las cuchillas en el espacio entre las líneas de acción de los arcos. El área trabajada por el tratamiento con cuchillas sobre la línea resultó solamente un 4% inferior al laboreo sin cuchillas. En función de ello, la resistencia específica del conjunto sin cuchillas registró los mayores valores, alcanzando diferencias significativas con el conjunto con cuchillas entre las líneas de acción.

Durante los ensayos fue posible visualizar que el corte producido por la cuchilla favorecía, para el caso de la ubicación en la

Tabla 1. Efecto de la adición de cuchillas sobre la energía requerida y la remoción de suelo en arcos interactuando. SC Sin cuchillas; CSL Cuchillas sobre la línea de los arcos; CEL Cuchillas entre la línea de acción de los arcos.

Rotary coulter position effects on energy requirements and loosened soil of interacting scarifier's shanks. SC: shanks without coulter, CSL: coulters on the shank's work line, CEL: coulters between the shank's work line.

| Tratamiento | Área removida (dm ²) | Tracción (N) | Resistencia Específica (N/dm ²) |
|-------------|-------------------------------------|-----------------|---|
| SC | 20,04 a | 18.268 b | 924,85 b |
| CSL | 19,17 a | 17.276 a | 915,70 ab |
| CEL | 20,05 a | 16.899 a | 843,90 a |

Medias seguidas de diferente letra en las columnas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($p \leq 0,05$).

Means follow by different letter indicate significantly difference between them according to Tukey's test ($p \leq 0,05$).

línea de trabajo del arco, una mayor cobertura de rastrojo al disminuir el entremezclado del mismo con el suelo. Esto coincidiría en parte con lo reportado por Fielke & O'Driscoll (1986), para rejas de escardillo, puesto que no se observó en este tratamiento elevación del terreno siguiendo la línea del arco durante el desplazamiento del conjunto. Además, fue también posible observar al final de cada parcela correspondiente a este tratamiento la presencia, sobre la reja del escarificador, de un cuerpo de tierra que no se desprendía durante el proceso de elevación de los órganos activos. A su existencia, en forma permanente durante el trabajo del implemento, sería posible atribuir el mayor esfuerzo traccional con respecto al tratamiento con cuchillas entre las líneas de acción pese a que la sección trabajada por este último haya sido superior. La textura del terreno (franco limosa) habría fa-

vorecido, pese al bajo contenido de humedad, el proceso de adhesión que incrementa el esfuerzo de tracción debido al mayor rozamiento suelo-suelo que se ocasiona. Al realizar las determinaciones perfilométricas a campo, pudo visualizarse que el plano de falla correspondiente al sector externo de las rejas delanteras presentaba menores angulaciones para el trabajo con cuchillas sobre la línea que aquellos considerados normales (45°) por Spoor & Godwin (1978). Debido a ello, se realizó sobre los valores de profundidad tomados a partir del sector trabajado específicamente por las rejas delanteras un ajuste por

regresión lineal, determinando a partir del mismo el ángulo de roturación del suelo (falla lateral). El patrón característico de trabajo de los tratamientos de cuchillas sobre la línea y entre las líneas de acción puede observarse en la Figura 1.

El tratamiento (CEL) alcanzó diferencias altamente significativas con respecto a (SC) y (CSL) siendo los valores de 45° , 38° y 37° respectivamente. A este efecto podría atribuirse la disminución del frente de labor para este tratamiento.

El grado de interacción alcanzado al trabajar dentro del rango de separación entre

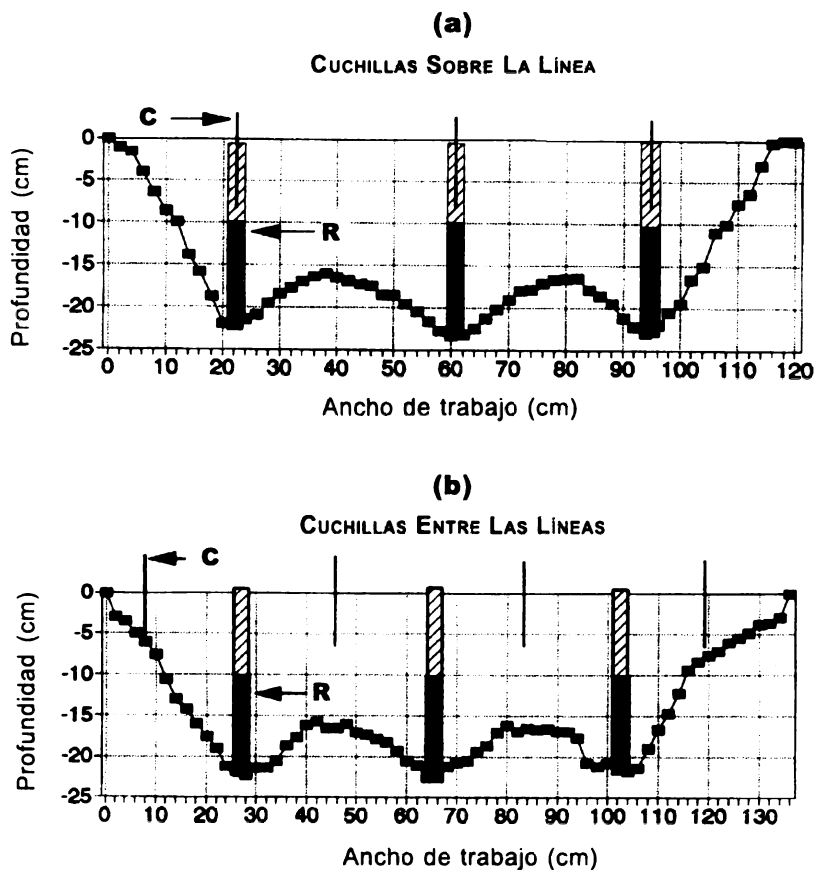


Figura 1. perfiles de suelo removido con rejas interactuando: (a) Cuchillas trabajando sobre la línea de acción de los arcos; (b) Cuchillas trabajando entre las líneas de acción de los arcos. R: Reja; C: Cuchilla circular.

Profiles of loosened soil with interacting shares: A) coulters located on the shank's work line; B) coulters working between the shank's work lines. R: Reja; C: Rotary coulters.

rejas de $1,4 \pm 0,25$ veces la profundidad de labor y no superar la relación profundidad/ancho del órgano activo recomendables (Soomro *et al.*, 1982) para trabajar bajo el patrón de roturación del suelo de fallas crecientes, habría favorecido la roturación de la reja posterior trasera, disminuyendo el efecto citado en el párrafo anterior. A su vez, al desplazarse los accesorios de corte en la línea de trabajo de las rejas e inmediatamente por delante de las mismas, el efecto de la roturación de éstas hacia adelante podría haber enmascarado la reducción de esfuerzo de tracción citada por Fielke & O'Driscoll (1986) cuando las cuchillas se desplazan en la línea de las rejas en forma superficial en relación al órgano de roturación del suelo.

En los ensayos sin interacción, la ubicación de las cuchillas circulares afectó de distinta manera la roturación del terreno tal como se indica en la Tabla 2. El área removida fue significativamente menor para el conjunto tra-

bajando con las cuchillas sobre la línea con respecto a las cuchillas trabajando a los costados de la línea de acción del escarificador, siendo este tratamiento el que causó la mayor remoción. No se detectaron diferencias significativas en la profundidad de trabajo, por lo que las diferencias alcanzadas en las distintas variables respuesta deben adjudicarse a la colocación y ubicación relativa de las cuchillas circulares.

Esta reducción en el frente de labor del tratamiento (CSL) del 13 % con respecto al (SC) y del 17% en relación a (CEL), podría atribuirse a la generación de un mayor efecto de roturación hacia adelante como consecuencia de la formación de una grieta principal en esa posición, disminuyendo los efectos laterales. Esto implicaría un aumento del volumen de suelo que instantáneamente está sometido al corte, lo que provocaría a su vez un incremento en el esfuerzo de tracción (Payne & Tanner, 1959). Si bien la colocación de la cuchilla sobre la línea de acción de la reja redujo el esfuerzo de tracción con respecto a la no utilización de las mismas, el efecto fue pequeño y pareciera estar relacionado a la reducción en el frente de labor. Por el contrario, el esfuerzo traccional del tratamiento (CSL) resultó superior con respecto a la ubicación lateral (CEL) en aproximadamente un 17,5%. Cabría en este caso realizar también similares consideraciones a las efectuadas para el caso de arcos interactuando, en relación a la disminución en la autolimpieza de las rejas que ocasionaría un incremento del esfuerzo traccional al cambiar la geometría del órgano activo con un incremento del rozamiento suelo-suelo. Con respecto a la eficiencia de roturación, cuantificada en función de la resistencia específica, el conjunto de reja con cuchilla sobre la línea de acción registró un incremento del 36,76 % en relación a la ubicación lateral de las cuchillas. Sería posible pensar en este caso, que la generación por las cuchillas circulares de grietas adyacentes, permitió incrementar la roturación la-

Tabla 2. Efecto de la colocación de cuchillas sobre los parámetros de prestación de arcos sin interacción. SC: sin cuchillas; CSL: cuchillas sobre la línea de los arcos; CEL: cuchillas entre la línea de acción de los arcos.

Rotary coulters position effects on non interacting scarifier shank's performance parameters. SC: shanks without coulters, CSL: coulters on the shank's work line, CEL: coulters located between the shank's work lines.

| Tratamiento | Área removida (dm ²) | Tracción (N) | Resistencia Específica (N.dm ⁻²) |
|-------------|-------------------------------------|-----------------|--|
| SC | 6.04 ab | 4957 b | 824 ab |
| CSL | 5.24 a | 4708 ab | 930 b |
| CEL | 6.30 b | 4007 a | 680 a |

Medias seguidas de diferente letra en las columnas indican diferencias significativas según el test de Tukey ($p \leq 0.05$)

Means follow by different letter indicate significantly difference between them according to Tukey's test ($p \leq 0.05$)

teral, con un bajo requerimiento energético, debido a la disminución de la tensión del suelo en sentido vertical, en forma similar a lo encontrado por Spoor & Fry (1983). Este efecto resultaría mayor que la posibilidad de generar compactación, citada por estos autores, cuando el suelo se encuentra, como en este caso, compacto en profundidad y las grietas creadas por las cuchillas son superficiales en relación a la profundidad efectiva de la reja.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de resultados efectuado, se rechazan las dos hipótesis planteadas.

El uso de cuchillas circulares modifica la energía requerida para la labranza del suelo con escarificadores de arcos rígidos.

La colocación de cuchillas circulares en la línea de acción de arcos trabajando sin interacción disminuye el área de suelo removida, asociándose este efecto a la disminución del ángulo de roturación lateral del terreno.

BIBLIOGRAFÍA

- ASAE Standards.** 1992. Engineering Practice: ASAE EP291.2. Terminology and definitions for tillage and soil-tool relationships. American Society of Agricultural Engineers. 105 pp.
- ASAE Standards.** 1992. Standard: ASAE S313.2. Soil cone penetrometer. American Society of Agricultural Engineers. 61 pp.
- Balbuena R. H., J. Claverie & A.M. Terminiello.** 1992. Evaluación a campo de rejas de escarificadores de cinceles. XXI Congresso brasileiro de engenharia agrícola. Santa María, Brasil 3: 1707-1717.
- Coscia A.** 1990. Desarrollo agropecuario sostenible. Agricultura sostenible. Publicación N°5 INTA. 5 pp.
- Fielke J. M. & D. A. O'Driscoll.** 1986. Comparison testing to evaluate coulter wheel performance. En: Conference on Agricultural Engineering. Adelaide. The Institution of Engineers, Australia. 1: 52-56.
- Johnson R.** 1988. Soil engaging tool effects on surface residue and roughness with chisel-type implements. Soil Science Society of America Journal 52: 237-243.
- Maroni J. R. & R. Medera.** 1992. Manual práctico de máquinas para la labranza. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires. 164 pp.
- Mc Kyes E.** 1989. Agricultural engineering soil mechanics. Amsterdam: Elsevier, Amsterdam. 227 pp.
- Payne P. C. & D. W. Tanner.** 1959. The relationship between rake angle and the performance of simple cultivation implements. Journal of Agricultural Engineering Research 4: 312-325.
- Riley T. W. & J. M. Fielke.** 1990. Evaluation of coulter wheels. In Asia-Pacific Regional Conference on Engineering for the development of agriculture. Nordin Inrahim Editors. 1: 33-42.
- Soomro M., G. Spoor & R. J. Godwin.** 1982. Appropriate line arrangement for better tillage and efficient tool performance. Agricultural mechanization in Asia, Africa and Latin America. 21-26 pp.
- Spoor, G. & R. K. Fry.** 1983. Soil Disturbance Generated by Deep-working Low Rake Angle Narrow Tines. Journal of Agricultural Engineering Research 28: 217-234
- Spoor G. & R. J. Godwin.** 1978. An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. Journal of Agricultural Engineering Research 23: 243-258.
- Srivastava A. J., C. E. Goering & R. P. Rohrbach.** 1994. Engineering Principles of Agricultural Machines. American Society of Agricultural Engineers. 151 pp.
- Terminiello A. M., R. H. Balbuena & J. A. Claverie.** 1995. Requerimientos energéticos de rejas de diseño alado sobre montantes rígidos y flexibles a diferentes velocidades de trabajo. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 71: 187-194.