

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO MECÁNICO PARA ESTIMAR LA RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ALFALFA

S. MONTICO¹ Y B. MARTÍN²

¹Manejo de Tierras. ²Forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad nacional de Rosario.

CC 14. S 2125 ZAA Zavalla (Argentina)

RESUMEN

En la región pampeana húmeda de Argentina la agricultura es complementada, según la zona, con tambo o con engorde de ganado. La alfalfa es la especie dominante de las mezclas. La eficiencia de su implantación depende de la interacción de diversos factores que operan a lo largo del período del establecimiento y afecta en diferente grado a la especie. El estadio de la emergencia y establecimiento de las plántulas es la fase de la vida más crítica para esta especie, en especial este último evento en donde es necesario contar con un vigoroso desarrollo radical. En este ensayo, se procedió a evaluar el anclaje del sistema radical, definido como la fuerza necesaria a aplicar para desprender plántulas establecidas. Para tal fin se creó un dispositivo mecánico de palancas que mide la resistencia al desprendimiento. El experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental J.F.Villarino (Zavalla) de la Facultad de Ciencias Agrarias (U.N.R.), ubicado en el distrito Zavalla, Argentina, sobre un suelo Argiudol vértico. El calibrado del dispositivo se realizó sobre 2000 plantas de alfalfa, en cada una se midió la altura aérea (cm), la longitud de la raíz pivotante (cm) y la lectura en cm del dispositivo mecánico. Paralelamente se registró la humedad edáfica y se extrajeron plantas para evaluar sus peso seco aéreo y radical (g/planta, 48 hs a 70°C), longitud aérea (cm) y longitud radical (cm). Las variables medidas correlacionaron con los valores de la resistencia al desprendimiento de plántulas individuales. Esta metodología es una herramienta adecuada para cuantificar la resistencia al desarraigo, es de fácil uso, presenta rapidez en la toma de datos y una mayor objetividad en la medición del enraizamiento.

Palabras clave: Anclaje, raíz de alfalfa, metodología.

INTRODUCCIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie forrajera difundida en distintas zonas ganaderas del mundo por su capacidad de adaptación a un amplio rango de condiciones agroclimáticas y por producir una elevada cantidad de forraje de alta calidad, como también por la versatilidad de su uso (pastoreo directo, heno, silaje, etc).

En la región pampeana de Argentina, constituye uno de los recursos forrajeros de mayor relevancia, con más de 6 millones de hectáreas sembradas (Basigalupi, 1996).

Uno de los factores más importantes para que esta leguminosa pueda expresar todo su potencial productivo, es la condición del suelo. El mismo debe ser suelto, bien drenado, con un pH cercano a la neutralidad y bien provisto de nutrientes como fósforo, azufre y calcio entre otros (Bono *et al.*, 1996; Pillati *et al.*, 2000).

Numerosos autores (Gilley *et al.*, 1997; Reeves, 1997; Andriulo y Cordone, 1998; Taboada, 1998; Montico *et al.*, 2002) exploraron las prácticas de la modificación del ambiente edáfico a través de métodos mecánicos, químicos y biológicos con la finalidad de incrementar la productividad del recurso. Usualmente se valora los efectos de esas modificaciones por medio de parámetros de crecimiento de las especies, particularmente referido al rendimiento aéreo. Los efectos sobre la dinámica del crecimiento radicular permanecen aún poco estudiados, debido a la multiplicidad de factores que intervienen (Aiken y Smucker, 1996; Van Noordwijk y Van de Geijn, 1996).

Letey (1985), Vilche *et al.* (1999 y 2000), Martín *et al.* (2001), han estudiado los problemas que se presentan en la persistencia y en la producción de los alfalfares, analizando el crecimiento radicular en la fase de plántula en pasturas en implantación.

Las complejidades operativas para el estudio de los sistemas radicales dificultan la comprensión de los procesos involucrados en la generación de la fitomasa aérea. El conocimiento de tales sistemas radicales permitiría definir los tratamientos culturales, que optimicen la implantación. Es importante determinar si existe un estado morfológico crítico de las plantas de alfalfa en el período de implantación que resista el desprendimiento radical, principalmente a la acción del pastoreo (Gómez, 1996). El objetivo de este trabajo fue evaluar el anclaje de plántulas de alfalfa mediante el desarrollo de un método indirecto basado en el principio mecánico de resistencia al desprendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en el área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNR (long 60° 53', lat 33° 0,1'), Argentina. El clima es subhúmedo-húmedo mesotermal con escaso o nulo déficit hídrico.

El suelo es Argiudol vértico, profundo, oscuro y moderadamente bien drenado, desarrollado sobre sedimento loésico. El horizonte superficial, de 17,5 cm de espesor, es de textura franco limosa con transición gradual a un B2t arcillo limoso, que presenta planos de deslizamiento producidos por las fricciones internas entre agregados, con un contenido en materia orgánica del 3,2 %, en N total del 0,12 % y en fósforo disponible de 20 ppm (Bray y Kurtz, 1945).

La fuerza de fijación de las raíces de alfalfa fue definida como la resistencia medida al momento de su desprendimiento del suelo. Para la medición se desarrolló un dispositivo mecánico (Figura 1), compuesto por una planchuela soporte de hierro de 84 cm, montada en un solo punto de sujeción (punto de apoyo), sobre un pie anclado al suelo. En el brazo de 56 cm, sobre la que desplaza una pesa de 1,71 kg, se instaló una regla milimetrada. El semibrazo menor posee una pesa de 0,826 kg adosada fija, con el objetivo de equilibrar esfuerzos en el instante previo al desprendimiento. A uno de los extremos se unió un hilo metálico acerado no extensible de 45 cm de longitud. En el otro extremo del hilo se vinculó una pinza plástica para sujetar la parte basal del tallo de las plántulas de alfalfa.

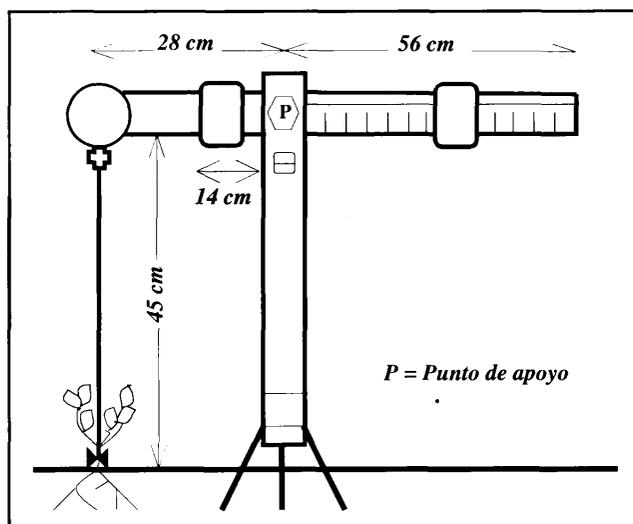
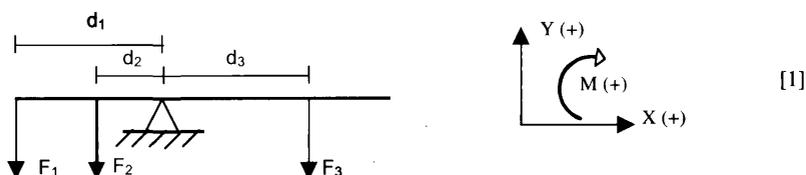


FIGURA 1

Dispositivo mecánico para medir la resistencia al desprendimiento de las plantas de alfalfa

Mechanical device to measure the uprooting strength of alfalfa plants

El principio de funcionamiento del dispositivo se basa en la ley de equilibrio de la palanca (Sears y Zemansky, 1971). El desprendimiento se produce cuando el momento del trabajo ($M = \text{fuerza} \times \text{distancia}$) es mayor al de la resistencia. En [1] se indica la relaciones entre fuerzas y distancias utilizadas para el cálculo y el signo del momento adoptado, en [2] la ecuación de equilibrio de las fuerzas intervinientes.



$$F_1 = [(-F_3 \cdot d_3) + (F_2 \cdot d_2)] / d_1 \quad [2]$$

F_1 = fuerza (kg) ejercida en la sujeción del hilo al dispositivo (fuerza de resistencia)

F_2 = fuerza constante (kg) ejercida por la pesa montada sobre el semibrazo menor

F_3 = fuerza constante (kg) ejercida por la pesa montada sobre el semibrazo mayor

d_1 = distancia constante desde el punto de apoyo a F_1 (28 cm)

d_2 = distancia constante desde el punto de apoyo a F_2 (14 cm)

d_3 = distancia variable desde el punto de apoyo a F_3

Sobre una pastura monofítica de alfalfa cv. 'Monarca' (grupo de latencia 9) implantada convencionalmente (rastra de discos y de dientes y siembra en línea), durante los primeros seis meses de la implantación, y con una frecuencia quincenal, se procedió a calibrar el dispositivo mecánico. En cada oportunidad de muestreo se midió la altura de la plántula y la longitud de la raíz descalzada por el dispositivo, la distancia d_3 indicada en el dispositivo y la humedad edáfica en los espesores de la exploración radicular. Se registró los días transcurridos desde la siembra al momento de realizar los muestreos y la duración del tiempo operativo. Paralelamente, para estudiar el crecimiento aéreo y radical de la especie, se extrajeron 20 plantas por oportunidad de muestreo. En cada una se determinó el peso seco aéreo (g/planta) y la longitud del tallo principal (cm), el peso seco radical (g/planta, 48 horas a 70° C), la longitud del eje principal y la de las raíces laterales (Tennant, 1975), después del lavado con sales dispersantes de los coloides del suelo.

Los datos se analizaron por regresión, relacionando las mediciones de longitud en el dispositivo en el momento de su aplicación ($d_3 = \text{mm}$) y las de altura aérea y longitud del eje radical de cada planta descalzada, humedad edáfica y tiempo desde la siembra. La

información de la morfología de las plántulas extraídas se analizó mediante una prueba de "t". En todos los casos se utilizó un nivel de significación del 5 % ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presentan las ecuaciones de regresión de las estimaciones de la fuerza del desprendimiento con los atributos de las plántulas (altura por extensión completa de la planta y longitud radical) y la humedad edáfica para 2 000 registros.

TABLA 1

Mejores predictores de la fuerza de desprendimiento para las plántulas de alfalfa *

Better predictors of uprooting strength of alfalfa seedling

| Variables | a | b ₁ | b ₂ | R ² |
|--|--------|----------------|----------------|----------------|
| Altura modal (x ₁) | 4,39 | 1,94 | - | 0,78 |
| Longitud radical (x ₁) | -5,15 | 1,96 | - | 0,77 |
| Altura modal (x ₁), H. suelo (x ₂) | 371,4 | 180,9 | -37,08 | 0,79 |
| Longitud radical (x ₁), H. suelo (x ₂) | -1 436 | 288,3 | -31,97 | 0,76 |

*Ecuaciones de regresión $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$; donde y= longitud d₃ medida en el dispositivo mecánico en el momento del descalce, x₁= altura modal de cada planta o longitud radical, x₂ = H. del suelo

Se observó que la altura modal, longitud del eje radicular, humedad edáfica y sus combinaciones, estuvieron relacionadas linealmente ($p < 0,05$) con la fuerza de desprendimiento radicular. La inclusión del término cuadrático podría mejorar en algunos casos las estimaciones. No obstante el uso de ecuaciones más complejas dificultaría su interpretación, principalmente la vinculada con caracteres biológicos.

El tiempo operativo promedio de las mediciones de campo, indicó que este método requiere de 1,5 minutos en la toma de la lectura de una planta, pudiéndose realizar entre 18 a 20 lecturas cada 30 minutos sin riesgo a error por cansancio del operador.

Las relaciones entre altura modal y fuerza de desprendimiento se mantuvieron relativamente constantes hasta que el crecimiento radical superó el límite de 18 cm de longitud promedio y una altura de planta de 11 cm, características que se midieron a los 90 días de la siembra; a partir de estos valores las plantas presentaron una tendencia a seccionarse en la zona del cuello, sitio donde se ajusta la pinza metálica. En la Figura 2 se representan las tendencia lineal de los datos de la altura de cada planta al ser descalzada o cortada a la altura del cuello.

El valor de referencia de la altura de las plantas sensible al desprendimiento no debe considerarse indicativo del momento óptimo de aprovechamiento, sino de la prestación del dispositivo mecánico para detectarlo. En este caso, 11 cm resultaría una altura escasa para sugerirla como oportunidad de inicio de pastoreo, especialmente por las características fisiológicas de la alfalfa en este estadio (Martín *et al*, 2001). Diferentes pruebas que combinen altura de planta con condiciones edáficas de desprendimiento, podrían establecer medidas o rangos orientativos para tal decisión de manejo.

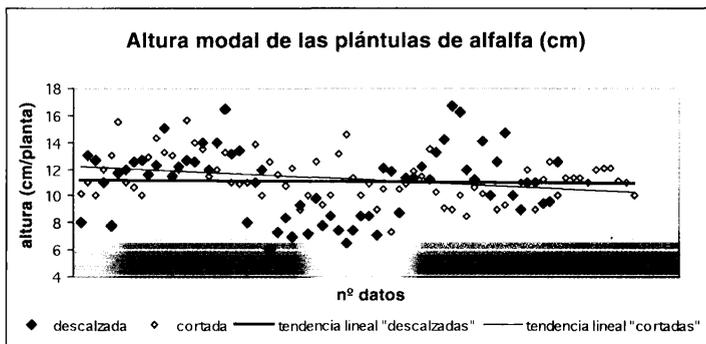


FIGURA 2

Tendencia lineal de las plantas descalzadas mecánicamente y de las que se cortaron a la altura del cuello

Lineal tendency of plants that were mechanically removed and those that broken at crown

Las fuerzas necesarias para el desprendimiento radical se presentan en la Tabla 2.

TABLA 2
Resistencia de desprendimiento (kg/cm)
Uprooting strength (kg/cm)

| Altura planta (cm) | Lectura en el dispositivo mecánico (cm) | Fuerza de resistencia al desprendimiento (kg) |
|--------------------|---|---|
| 9 ± 0,22 | 10,6 ± 1,37 | 0,234 |
| 10 ± 0,27 | 12,5 ± 2,50 | 0,350 |
| 11 ± 0,25 | 13,7 ± 1,76 | 0,423 |
| 12 ± 0,20 | 14,9 ± 2,21 | 0,496 |
| 13 ± 0,26 | 16,7 ± 2,28 | 0,606 |

Las características morfológicas de la parte aérea y radical de las plántulas extraídas manualmente y procesadas en laboratorio se presentan en la Tabla 3 y Figura 3.

TABLA 3
Parámetros morfológicos de las plántulas de alfalfa
Morphological parameters of alfalfa seedlings

| Altura planta (cm) | PS aéreo (g) | PS radical (g) | Longitud raíz pivotante (cm) | Longitud raíces laterales (cm) | Longitud total (cm) |
|--------------------|---------------|----------------|------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| 9 ± 0,23 a | 0,08 ± 0,02 a | 0,03 ± 0,01 a | 14,6 ± 1,5 b | 27,0 ± 8,0 b | 41,6 ± 9,4 b |
| 10 ± 0,18 a | 0,09 ± 0,03 a | 0,03 ± 0,02 a | 14,8 ± 1,4 b | 27,6 ± 8,6 b | 42,4 ± 8,6 b |
| 11 ± 0,21 a | 0,11 ± 0,01 a | 0,05 ± 0,01 a | 18,2 ± 1,8 a | 29,8 ± 6,8 b | 48,1 ± 7,9 a |
| 12 ± 0,15 a | 0,13 ± 0,01 a | 0,05 ± 0,02 a | 19,6 ± 1,7 a | 32,6 ± 9,3 a | 52,2 ± 10,1 a |
| 13 ± 0,24 a | 0,14 ± 0,03 a | 0,06 ± 0,01 a | 19,8 ± 1,9 a | 36,8 ± 10,5 a | 56,6 ± 10,6 a |

Letras diferentes en la columna difieren significativamente según Test de "t" (p<0,05)

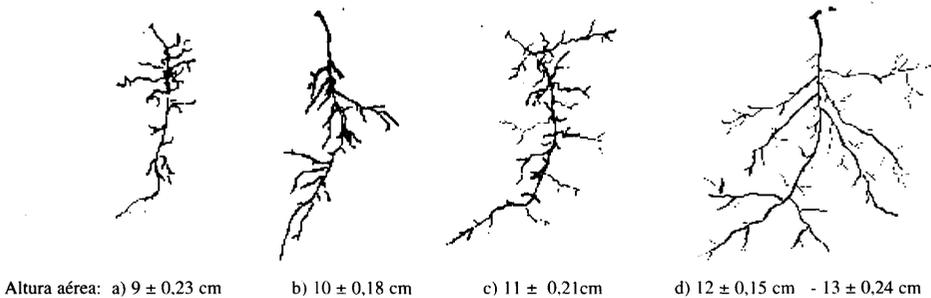


FIGURA 3
Sistemas de raíces de alfalfa según altura aérea de las plántulas
Root systems of alfalfa according to aerial part height

El análisis de las variables señaladas mostró diferencias significativas sólo en la longitud de las raíces (p<0,05 según Test de "t"), presentando un cambio significativo cuando las plántulas superaron los 11 cm de altura, dato coincidente con el límite modal de las plantas que fueron descalzadas mecánicamente (Figura 2).

El aumento de la resistencia al desprendimiento está relacionado con la extensión e ingreso del eje radical principal a un estrato edáfico debajo de 17,5 cm, espesor con mayor contenido de arcilla que el superficial, mejorando su anclaje y la posibilidad de arraigo. La información obtenida coincide con los estudios desarrollados por Abdalla *et*

al. (1969), respecto a las fuerzas radiales y axiales de las raíces de especies forrajeras con relación a las longitudes radicales (Tabla 3 y Figura 3).

CONCLUSIONES

El dispositivo mecánico diseñado es un recurso útil para cuantificar la resistencia al desprendimiento de plántulas de alfalfa en el estadio de implantación y relacionarla con su altura.

Las estimaciones deberían ampliarse a diferentes condiciones edáficas, manejo de pasturas y a la presencia de animales en pastoreo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALLA, A. M.; HERRIARATCHI, D. R. P.; REECE, A. R., 1969. The mechanics of root growth in granular media. *Journal of Agriculture Research*, **14**, 236-248.
- AIKEN, R. M.; SMUCKER A. J. M., 1996 Root system regulation of whole plant growth. *Annual. Revista. Phytopatology*, **34**, 325-346.
- ANDRIULO A.; CORDONE, G., 1998. Impacto de las labores y rotaciones sobre la materia orgánica de suelos en la Región Pampeana Húmeda. En: *Siembra Directa II*, 65 - 96. Ed. Hemisferio Sur. 212 pp. Buenos Aires (Argentina).
- BASIGALUPI, D. H., 1996. La alfalfa hacia el año 2010. La alfalfa en el negocio de la alimentación animal (Conferencia) V *Jornadas Nacionales EEA INTA Manfredi - AER INTA Villa María*, Septiembre, 1996.
- BONO, A.; BUSCHIAZZO, D.; LESCANO, P.; MONTROYA, J.; BABINEC, F., 1996. Fertilización fosforada de pasturas en la región semiárida pampeana central. Rendimiento del cultivo y efecto residual del fertilizante. *Actas del XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*, 176. Santa Rosa, La Pampa (Argentina).
- BRAY, R.; KURTZ, L., 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science*, **59** (1), 39-45.
- GILLEY, J. E.; DORAN, J. W.; KARLEN, D. L.; T. C. KASPAR., 1997. Runoff, erosion and soil quality characteristics of former conservation reserve program site. *Journal of Soil and Water Conservation*, **52**(3), 189-193.
- GOMEZ, P. O., 1996. Aspectos relevantes a tener en cuenta en los sistemas de producción animal en pastoreo. En: *Producción Animal en pastoreo*, 1-6. Ed. C.A. CANGIANO, 145 pp. Balcarce. Buenos Aires (Argentina).
- LETEY, J., 1985. Relationship between soil properties and crop production. *Advance Soil Science*, **1**, 273-294.
- MARTÍN, B.; REFI, R.; MONTICO, S.; COSTANZO, M., 2001. Effect of climatic factors on the population dynamic of mild implanted pastures. *Proceedings XIX International Grassland Congress*. Piracicaba (Brasil). 50-51.
- MARTÍN, B.; COSTANZO, M.; MONTICO, S., 2001. Crecimiento de plántulas de *Medicago sativa* L. bajo diferentes condiciones de siembra. *Actas de XXI Reunión Anual Sociedad de Biología*, 84-85. Rosario. Santa Fe (Argentina).

- MONTICO, S.; DI LEO, N.; ZERPA, G., 2002. Compactación en un suelo escarificado a través de lógica difusa. *Revista FCA UNCuyo*, Tomo XXXIV, 2, 57-64.
- PILATTI, M.; MORESCO, M.; Cuadrado, C., 2000. Deficiencias de nutrientes de alfalfa. (Conferencia) *XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Carlos Paz. Córdoba (Argentina).
- REEVES, D. W., 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Tillage Research*, 4, 45-51.
- SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W., 1971. *Física General*. Ed. Aguilar, 1056 pp. Madrid (España).
- TABOADA, M. A., 1998. Compactación superficial causada por la siembra directa y regeneración estructural en suelos franco limosos pampeanos. (Conferencia) *XVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Carlos Paz. Córdoba (Argentina).
- TENNANT, D., 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*, 63, 995-1001.
- VAN NOORDWIJK, M.; VAN DE GEIJN, S., 1996. Root, shoot and soil parameters required for process-oriented models of crop growth limited by water nutrients. *Plant and soil*, 183, 1-25.
- VILCHE, M. S.; MARTÍN, B.; MONTICO, S., 1999. Arquitectura de raíces de alfalfa: Análisis Cuantitativo. *Revista de la Sociedad de Biología de Catamarca. Trabajos en Actas*, (Ab-99), 19-20
- VILCHE, M. S.; MARTÍN, B.; MONTICO, S., 2000. Incidencia de la degradación edáfica en el desarrollo aéreo y radical de una pastura consociada. *Revista de los Archivos Latinoamericanos de Producción Animal- Venezuela*, 8 (2), 25-30.

DEVELOPMENT OF A MECHANICAL DEVICE TO ESTIMATE THE UPROOTING STRENGTH OF ALFALFA SEEDLINGS

SUMMARY

Perennial pastures constitute the most important forage resources for the bovine production in the dairy or cattle fattening farms of Argentina. Alfalfa is the main pasture species. The efficiency of an alfalfa implantation depends on the interaction of several factors that operate throughout the establishment period. Emergence and seedling establishment are the most critical phases, being essential the development of a vigorous root system. In this paper, the anchorage of alfalfa seedlings was evaluated. It was

defined as the force needed to remove the establishing seedling. A mechanical device of levers that measures the detachment resistance was developed. The experiment was carried out in Villarino Experimental Field (33° Lat. S, 67° Long. W), Zavalla district, Argentine, on an Argiudol vertic soil. A sample of 2 000 plants was used to calibrate the device. Height and tap-root length of alfalfa and soil moisture were measured, and correlated with the values of detachment strength. It is concluded that the device is easy to use and a helpful tool to quantify quickly and objectively the uprooting strength.

Key words: Anchorage, alfalfa roots, methodology.