

## **Crecimiento, dinámica reproductiva, y rendimiento de semilla cosechable de *Lotus tenuis* en respuesta a tres densidades de plantas. Resultados preliminares**

### **Plant growth, reproductive dynamics and harvestable seed yield of *Lotus tenuis* in response to three plant densities. Preliminary results**

Cambareri, G.<sup>1</sup>; Castaño, J.<sup>1</sup>; Maceira, N.<sup>1</sup>; Fernández, O.<sup>2</sup> y Vignolio, O.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estacion Experimental Balcarce. Ruta 226 Km 73.5 (CP 7620), Balcarce, Buenos Aires, Argentina. E-mail: gscambareri@yahoo.com.ar

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Mar del Plata, Ruta 226 Km 73.5 (CP 7620), Balcarce, Buenos Aires, Argentina.

#### **Resumen**

*Lotus tenuis* es una leguminosa forrajera ampliamente aceptada y utilizada, por los productores ganaderos de la Pampa Deprimida y con una demanda creciente en Argentina. A pesar de esto, la producción de semilla fiscalizada es muy baja (rendimiento promedio: 261 kg semilla /ha). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el crecimiento, dinámica reproductiva y producción de semilla cosechable de *Lotus tenuis* en respuesta a tres densidades de plantas. El diseño completo del experimento combina dos épocas de siembra (primavera y otoño) y tres densidades de plantas (7,14; 14,28 y 57,14 pl/m<sup>2</sup>) arregladas por cada fecha en un DBCA, con tres bloques. Se llevaron a cabo muestreos destructivos, para estimar el crecimiento (biomasa por planta y n° total de tallos), cuando el cultivo alcanzó los estados fenológicos de prefloración, inicio de floración, plena floración, inicio de maduración e inicio de dispersión. Se estimó también la dinámica reproductiva a través la proporción de tallos reproductivos y el n° de umbelas/m<sup>2</sup>. Se realizaron cosechas en ¼ m<sup>2</sup> para estimar rendimiento de semilla cosechable. Los resultados obtenidos indican que la densidad de plantas afecta la producción de semilla cosechable de *L. tenuis* y algunos de los componentes del rendimiento de semilla (número de tallos por planta, proporción de tallos reproductivos, número de umbelas / m<sup>2</sup>) a través de los cambios en el crecimiento (biomasa total por planta) y la dinámica reproductiva, cuando se siembra en primavera.

**Palabras clave:** *Lotus tenuis*, crecimiento, dinámica reproductiva, semilla cosechable

#### **Abstract**

*Lotus tenuis* is a forage legume broadly accepted and used by ranchers in the Flooding Pampas. Although seed demand of *L. tenuis* has been increasing in Argentina, the production of legal -quality seed is very low: only 17.54 t in 59 Ha, with an overall mean seed yield of 261 kg/ha. Commercial Lotus breeding companies, are interested in determine seed rates which allow to attain optimal plant density. The objective of this work was to evaluate the effects of plant density on growth, reproductive dynamics and harvestable seed yield of *L. tenuis*. The experimental design was a fully randomized complete block design with three replicates and three plant population densities (7,14 ; 14,28 y 57,14 pl/ m<sup>2</sup>). Destructive samplings were performed to estimate plant growth (total biomass and total number of shoots per plant) at pre-flowering, early flowering, fully flowering, early maturation and early shattering stages. Reproductive dynamics was estimated by reproductive shoots proportion and number of umbels/m<sup>2</sup>. Aboveground biomass and seeds were harvested in two ¼ m<sup>2</sup> sub samples per plot, on three crop reproductive stages: early maturation, mid maturation, early shattering. Only results for the two first harvests are showed. The results obtained indicate that harvestable seed production of *L. tenuis* and some seed yield component (number of shoots per plant, reproductive shoots proportion and number of umbels/m<sup>2</sup>) are affected by plant density because changes in plant growth and reproductive dynamics.

**Key words:** *Lotus tenuis*, growing, reproductive dynamic, harvested seed

#### **Introducción**

*Lotus tenuis* (Waldst et Kit, ex *L. glaber* Mill.) es una leguminosa forrajera ampliamente aceptada y utilizada, tanto como especie espontánea en el pastizal como sembrada en pasturas consociadas, por los productores ganaderos de la Pampa Deprimida (Cahupé, 2004; Coria et al., 2005) por su valor nutritivo, productividad, capacidad de resiembra natural y adaptación a los suelos de la región con restricciones por anegamiento y alcalinidad (Montes, 1986, Mazzanti et al. 1988, Miñón et al.1990; Vignolio y Fernández, 2006). Entre otras características de la especie, se destacan: su corta perennidad, alogamia y crecimiento simpodial indeterminado. Como otras leguminosas herbáceas de ambientes templados, la estación de

crecimiento está principalmente determinada por la temperatura y la disponibilidad de humedad (Cooper, 1977). En correspondencia, la floración es indeterminada, comenzando al inicio del verano y culminando en el otoño (Grant, 1996). Debido a esto, durante la etapa reproductiva pueden encontrarse ejes con primordios florales, umbelas de flores o umbelas de vainas en diferentes estados de maduración y dehiscencia. Esta última es una característica de importancia adaptativa en términos de dispersión temporal de descendencia, pero una dificultad agronómica en cuanto a rendimiento cosechable (Grant, op cit.).

Si bien la demanda de semilla de *L. tenuis* en Argentina ha sido creciente, la producción de semilla fiscalizada es muy baja: apenas 17,54 t sobre un área estimada de 59 Ha, con un rendimiento promedio de 261 kg semilla /Ha (INASE, 2005). Distinta es la situación de la semilla identificada de *L. tenuis* cuya producción se estima en 200 t (Maceira *et al.*, 2003) y proviene en su mayoría de la cosecha en banquinas y lotes ganaderos en clausura (Castaño, comunicación personal), con producciones que varían entre 25 y 150 kg/ha (Mazzanti *et al.* 1988). Este amplio rango productivo se atribuye a la variabilidad climática, la floración indeterminada característica de la especie, el manejo de la polinización, el difícil control de las malezas, la falta de ajuste en las técnicas de manejo y la dehiscencia de las vainas (Carámbula, 1981, Formoso, 2001, Miñón *et al.*, 1990, Montes, 1986).

Al igual que otras leguminosas forrajeras, en los semilleros de Lotus, el propósito al fijar las épocas y densidades de siembra es lograr poblaciones que permitan el desarrollo de plantas vigorosas capaces de producir tallos de alta fertilidad y con uniformidad en la maduración para facilitar la cosecha. Por ello, normalmente estas densidades son inferiores a las recomendadas para la producción de forrajes (Carámbula, 1981; Guillén, 2007).

No obstante, la información disponible en este aspecto es escasa para la especie, no existiendo antecedentes de investigación en nuestro país.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de tres densidades de siembra sobre el crecimiento, dinámica reproductiva y producción de semilla cosechable de *Lotus tenuis* en respuesta a tres densidades de plantas.

### **Materiales y Métodos**

El estudio se está llevando a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Balcarce (37° 45' S, 58° 18' W; 130 m.s.n.m.) sobre un suelo Argiudol Típico ( 6,65 % M.O., 15,65 ppm P, en los primeros 15 cm de profundidad). El diseño completo del experimento combina dos épocas de siembra (primavera y otoño) y tres densidades de plantas (7,14; 14,28 y 57,14 pl/m<sup>2</sup>) arregladas por cada fecha en un DBCA, con tres bloques. El cultivar de lotus utilizado es Pampa INTA (González García, 2004). A la fecha se han concluido las tareas de campo correspondientes a la siembra de primavera, que se desarrolló durante el período septiembre 2006 – marzo 2007, y de la cual se presentan resultados.

La siembra se realizó con una máquina experimental a 17,5 cm de distancia entre hileras, posteriormente mediante raleo surco por medio, esa distancia se amplió a 35 cm. Se definió una superficie de 12,6 m<sup>2</sup> (6 m largo X 2,1 m ancho) para aplicar las diferentes densidades, que se obtuvieron por raleos. Se fertilizó con superfosfato triple (0-46-0) luego de la siembra para elevar el contenido de P a 25 ppm. Las parcelas se mantuvieron libres de malezas, insectos y deficiencias hídricas.

Se determinó la fenología visualmente, seleccionando 10 plantas por parcela, la ocurrencia de los estados fenológicos: inicio de floración (60% de las plantas con primera flor), plena floración, (60% de las plantas con 50 % o más tallos florecidos), inicio de maduración (60% de las plantas con 20% o más de vaina marrón) y plena maduración (60% de las plantas con 50% o más de vainas marrones).

Además se registró, como medida de la dinámica reproductiva y mediante conteos de umbelas en 1/3 de m<sup>2</sup>, el pico de floración (máximo número de umbelas / m<sup>2</sup>) previo al inicio de maduración, en días desde emergencia (DDE) y grado día (°Cd).

Se llevaron a cabo muestreos destructivos, para estimar el crecimiento, cuando el cultivo alcanzó los estados fenológicos de prefloración, inicio de floración, plena floración, inicio de maduración e inicio de dispersión, los cuales consistieron en cosechar tres plantas por parcela. Para cada planta se determinó el número de total de tallos, la proporción de tallos reproductivos (n° de tallos con órganos reproductivos / n° total de tallos), la biomasa total por planta (aérea + subterránea) y la partición reproductiva (biomasa de órganos reproductivos/ biomasa total).

Se realizaron cosechas de biomasa y semilla en ¼ de m<sup>2</sup>, en tres momentos : inicio de maduración, plena maduración e inicio de dispersión. La semilla se separó de las vainas y se determinó el rendimiento Se presentan resultados de las dos primeras cosechas.

### **Resultados y Discusión**

El inicio de floración se registró visualmente el 29 diciembre (98 DDE), el estado de plena floración, el 11 de enero (110 DDE) y, el inicio de maduración, el 7 de febrero (136 DDE). El pico de floración (umbelas/ m<sup>2</sup>) se alcanzó a los 129 DDE (972,7 °Cd) , en la densidad menor y a los 110 DDE (771,9 °Cd), con las otras dos densidades, manifestándose un retraso del pico en la densidad más baja.

Mientras que el número total de tallos por planta disminuyó al aumentar la densidad de plantas ocurrió lo contrario con la proporción de tallos reproductivos en plena floración (Tabla 1).

Tabla 1. Número de tallos totales (NT) y proporción de tallos reproductivos (% T Rep), promedio por planta  $\pm$  error estándar (EE), para las tres densidades según el estado fenológico del cultivo.

Estado fenológico del cultivo	Número de tallos por planta y proporción de tallos reproductivos					
	7,14 pl/m <sup>2</sup>		14,28 pl/m <sup>2</sup>		57,14 pl/m <sup>2</sup>	
	NT	% T Rep	NT	% T Rep	NT	% T Rep
inicio de floración	11,89 $\pm$ 1,21	42,31 $\pm$ 9,42	7,33 $\pm$ 0,88	41,57 $\pm$ 10,44	6,33 $\pm$ 1,87	25,55 $\pm$ 7,5
plena floración	20 $\pm$ 0,8	58,11 $\pm$ 5,32	9,89 $\pm$ 2,11	81,33 $\pm$ 7,13	6,67 $\pm$ 1,76	85,04 $\pm$ 6,49

Para la variable biomasa total por planta, sólo se registró variación ( $p < 0,05$ ) entre densidades cuando el cultivo alcanzó la plena floración y al inicio de la maduración. En ambos estados las parcelas de alta densidad presentaron significativamente menos biomasa por planta que las de densidad media y baja. En plena floración, la partición reproductiva por planta fue muy baja, a baja densidad. Sin embargo las tres densidades llegan al inicio de maduración con proporciones similares de biomasa reproductiva (Tabla 2).

Tabla 2. Biomasa total por planta y partición reproductiva promedio por planta  $\pm$  EE según el estado fenológico del cultivo. La partición se indica entre paréntesis. Letras iguales indican diferencias no significativas entre densidades (Test de Tukey al 5%).

Estado fenológico del cultivo	Biomasa total por planta (g / planta) y partición reproductiva (%)		
	7,14 pl/m <sup>2</sup>	14,28 pl/m <sup>2</sup>	57,14 pl/m <sup>2</sup>
plena floración	5,9 $\pm$ 0,07 (3,15) a	3,79 $\pm$ 0,9 (7,9) ab	2,71 $\pm$ 0,33 (8,67) b
inicio maduración	14,61 $\pm$ 0,49 (28,29) a	10,9 $\pm$ 1,75 (29,34) a	5,07 $\pm$ 0,87 (28,25) b

No se registró variación entre tratamientos ( $p < 0,16$ ) para la cosecha de semillas a inicios de la maduración, mientras que sí se registró esta variación ( $p < 0,017$ ) con la cosecha realizada en plena maduración, donde la densidad baja produjo significativamente menos semilla por m<sup>2</sup> que las otras dos densidades. Además se observó una mayor variabilidad con el aumento de la densidad (Tabla 3).

Tabla 3. Rendimiento de semilla cosechable en dos momentos de cosecha, promedio por m<sup>2</sup>  $\pm$  EE. Letras iguales indican diferencias no significativas entre densidades (Test de Tukey al 5%).

Momento de cosecha	Rendimiento (g semilla / m <sup>2</sup> )		
	7,14 pl/m <sup>2</sup>	14,28 pl/m <sup>2</sup>	57,14 pl/m <sup>2</sup>
<i>Inicio maduración</i>	10,53 $\pm$ 3,13	20,28 $\pm$ 6,77	15,41 $\pm$ 2,35
<i>Plena maduración</i>	22,25 $\pm$ 1,29 b	50,87 $\pm$ 4,22 a	52,38 $\pm$ 9,1 a

En siembra de primavera y para el rango de densidades estudiado, el crecimiento (biomasa total) por planta disminuyó con la densidad de plantas, y la partición reproductiva siguió esa tendencia en plena floración, a inicios de maduración las tres densidades presentaron una partición similar.

La partición de biomasa en términos de asignación a reproducción (estimada a inicio de maduración) no fue afectada por la densidad. Resta por saber si esta asignación tuvo composición semejante (% de umbelas, % de vainas verdes, % de vainas maduras y % de semilla) entre densidades.

Los valores observados para partición reproductiva coinciden con los obtenidos por Vignolio *et al.* (2002) quienes estudiando la partición de biomasa hacia órganos reproductivos en *L. tenuis* y *L. corniculatus* cultivados en macetas, encontrando un esfuerzo reproductivo de 27,3 y 22,45% (considerando el conjunto de

estructuras reproductivas accesorias a las semillas respecto a la biomasa aérea). En otro trabajo, Mc Graw et al. (1986a), en *L. corniculatus* cultivado en suelo de aptitud agrícola observaron que alrededor de un tercio de la materia seca aérea total acumulada en una unidad de superficie era particionada hacia estructuras reproductivas.

Se encontró además que el aumento en el número de tallos por planta, desde inicio de floración hasta plena floración, disminuyó con la densidad. Andrés *et al.* (2007), caracterizando germoplasma de *Lotus tenuis* encontraron correlaciones positivas entre el tamaño de la planta durante la implantación y el número de tallos por planta.

La dinámica reproductiva respondió a la disminución en la densidad de plantas con el atraso del pico de floración (máximo número de umbelas / m<sup>2</sup>). La densidad más baja provocó un atraso en el pico de floración, una menor proporción de tallos reproductivos y una menor producción de semillas por unidad de superficie. A nivel planta, los modelos teóricos sugieren que la relación entre el tamaño de planta durante la etapa de inducción y el resultado reproductivo es crucial para determinar el momento de la reproducción (Reekie, 1997). Sin embargo Ollerton y Lack (1998) trabajaron en *L. corniculatus* durante tres años consecutivos y no encontraron resultados concluyentes.

La proporción de tallos reproductivos por planta aumentó con la densidad de plantas. La menor proporción de tallos reproductivos en la densidad más baja, pudo deberse a una mayor competencia entre destinos (vegetativos, de perennación o reproductivos) dentro de la planta. Reekie (op. cit.) afirma que la relación entre tamaño por planta durante la etapa inductiva y el resultado reproductivo, está fuertemente influenciada por la magnitud en la cual continúa el crecimiento vegetativo luego de la inducción.

El rendimiento de semilla cosechable, cuando la cosecha se realizó en plena maduración, respondió al aumento de la densidad, estabilizándose con 14 pl / m<sup>2</sup> para el rango estudiado, donde se logra un tamaño de planta que maximiza la producción de semilla por unidad de área a través de la compensación plástica. Los estudios realizados en Estados Unidos y Australia sobre *L. corniculatus* y *L. uliginosus* demostraron que el rendimiento de semilla cosechable responde a un aumento de la densidad de plantas en un rango de 1 a 60 pl/m<sup>2</sup>, alcanzando la estabilización del rendimiento con 19 pl / m<sup>2</sup> (Mc Graw *et al.*, 1986b; Arango *et al.*, 1998).

### Conclusiones

Estos resultados preliminares indican que la densidad de plantas afecta la producción de semilla cosechable de *L. tenuis* y algunos de los componentes del rendimiento de semilla (número de tallos por planta, proporción de tallos reproductivos, número de umbelas / m<sup>2</sup>) a través de los cambios en la biomasa total por planta (crecimiento) y la dinámica reproductiva, cuando se siembra en primavera.

### Literatura Citada

- Andrés, A. y Rosso, B. 2007. Caracterización de germoplasma de *Lotus glaber* proveniente de la Provincia de Buenos Aires-Argentina. III Taller interdisciplinario: Lotus y sus simbioses. Chascomús, Buenos Aires, Argentina.
- Arango, N. Jacobs, B. & Blumenthal, M. 1998. Seed production of lotus uliginosus cv. Sharnae in response to plant population density. Australian Journal of Experimental Agriculture 38: 837-842
- Bertín, O. 2007. Manejo y producción de semillas. III Taller interdisciplinario: Lotus y sus simbioses. Chascomús, Buenos Aires, Argentina.
- Cahuépe, M. 2004. Does *Lotus glaber* improve beef production at the Flooding Pampas? *Lotus Newsletter* 34: 38-43.
- Carámbula, M. 1981. Producción de semillas de plantas forrajeras. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 516 pp.
- Coria, D., Lucesoli, R., Maresca, S., Obregón, E., Olmos, G., Pettinari, J., Quiroz García, J. y Rípodas, I. 2005. Manual para productores ganaderos de la Cuenca del Salado. Ediciones INTA. 150 p.
- Formoso, F. 2001. *Lotus Maku*: Manejo, utilización y producción de semillas. Serie técnica 119. INIA Uruguay. 69 p.
- Gonzalez García, M. 2004. Pampa INTA un nuevo cultivar de Lotus. *Visión Rural*. 51:33-34.
- Guillén, R. 2007. Producción de semillas en *Lotus* spp. III Taller interdisciplinario: Lotus y sus simbioses. Chascomús, Buenos Aires, Argentina.
- INASE, 2005. Producción fiscalizada de semilla forrajera. Génesis. año XVIII n° 57. CSBC.
- Maceira, N., Ruiz, O., Fernández, O., Vignolio, O. 2003. Generación de un producto diferenciado de *Lotus glaber* para el desarrollo sustentable de la Pampa Deprimida. Proyecto INTA PID-FonCyT 350/03

- Mazzanti, A., Montes, L., Miñón, D., Sarlangue, H. y Cheppi, C. 1988. Utilización de *Lotus tenuis* en establecimientos ganaderos de la Pampa Deprimida: resultados de una encuesta. Rev. Arg. Prod. Anim. 8 (5): 357-376
- Mc Graw, R., Russelle, M. & Grava, J. 1986 a. Accumulation and distribution of dry mass and nutrients in birdsfoot trefoil. Agron. J. 78: 124-131
- Mc Graw, R., Beuselinck, P. & Ingram K. 1986 b. Plant Population density effects on seed yield of birdsfoot trefoil. Agron. J. 78: 201-205
- Miñón, D., Sevilla, H., Montes, I. y Fernández, O.N. 1990. *Lotus tenuis*: leguminosa forrajera para la Pampa Deprimida. EEA Balcarce, INTA, Argentina. Boletín Técnico, N°98, 15 pp.
- Montes, L. 1986. *Lotus tenuis*. Rev. Arg. Prod. Anim. 8 (5): 357-376
- Ollerton, J. & Lack, A. 1998. Relationships between flowering phenology, plant size and reproductive success in *Lotus corniculatus* (Fabaceae). Plant Ecology. 139: 35-47
- Reekie, E. G. 1997. Trade – offs between Reproduction and Growth Influence Time of Reproduction. In: Plant Resource Allocation. Bazzaz & Grace EDs. 303 pp.
- Vignolio, O. R. y Fernández, O. N. 2006. Bioecología de *Lotus glaber* Mill. (Fabaceae) en la Pampa Deprimida (Provincia de Buenos Aires, Argentina). Inédito.
- Vignolio, O. R., Fernández, O. N. Y Maceira, N. O. 2002. Biomass allocation to vegetative and reproductive organs in *Lotus glaber* and *L. corniculatus* (Fabaceae). Aust. J. Bot. 50: 75-82