

**Rendimiento y calidad de un cultivo de avena (*Avena sativa* L.), bajo distintas
láminas de riego en el noroeste de Chubut (Argentina)***

Autores: Ing. Agr. MSc Cristina **Dellacanónica** (*dellacanonica.c@inta.gob.ar*), Ing. Agr. MSc Adriana I. **Bermejillo** (*abermejillo@fca.uncu.edu.ar*), Ing. Agr. MSc José **Morabito** (*jamorabito53@yahoo.com.ar*).

**fragmento de trabajo de tesis de la Maestría en Riego y Drenaje, Octubre 2014.*

RESUMEN

En un cultivo de avena se evaluó el impacto de diferentes láminas de riego sobre la productividad (materia seca y grano) y calidad de forraje, aplicadas a partir del estado fenológico de espigazón. En el análisis se consideraron los aspectos de condición física y de fertilidad de suelo, el balance hídrico del suelo y del cultivo, la fenología y los coeficientes que caracterizan el desempeño del equipo de riego. Las láminas de riego se aplicaron con un equipo enrollador de tipo cañón. El ensayo se diagramó en un diseño de bloques completamente al azar de tres bloques y tres tratamientos de riego (T_{60} , T_{88} y T_{103}). El análisis estadístico se realizó a través del análisis de la varianza (ANOVA) de cada una de las variables muestreadas. Los resultados estadísticos permitieron demostrar la relación positiva entre cantidad de agua aplicada y cantidad de forraje producido. Los tratamientos ensayados no evidenciaron el efecto del riego sobre el rendimiento en grano, como tampoco la relación inversa entre producción de biomasa y contenido de PB. La producción de grano resultó comparativamente más sensible a la disponibilidad de agua en los períodos críticos que la producción de forraje. A su vez, el balance hídrico del cultivo y del suelo evidenció la situación del cultivo creciendo en condiciones de estrés.

Introducción

La actividad ganadera es una de las principales actividades agropecuarias en la región NO de Chubut (Guitart Fité 2008; Amico 2010; Bobadilla & Lexow 2012).

Debido a que la producción de forraje en esta región es sumamente estacionaria y abundante en primavera y verano, cobra gran importancia la confección de reservas para el resto del año, donde el crecimiento vegetativo se encuentra limitado principalmente por bajas temperaturas.

La avena (en esta provincia) se cultiva normalmente en condiciones de secano y el destino final suele ser la confección de reservas forrajeras y grano para la alimentación del ganado (Martinez *et al.* 2010; Amico 2010).

La restricción principal en el uso de este cultivo como reserva de forraje radica en la baja concentración de nutrientes en estados tardíos (proteína principalmente), que es cuando normalmente se utiliza para la confección de fardos o rollos (Gaggiotti *et al.* 2008). Sin embargo se considera el cultivo de avena una opción viable por su capacidad de acumular forraje en un período relativamente corto [siembras primaverales] a bajos costos (Dumont & Lanuza 1990; McCormick *et al.* 2006).

Dentro de las especies forrajeras, el cultivo regado por excelencia es alfalfa. Los cultivos anuales (cebada, avena, triticale y eventualmente trigo) normalmente se producen en secano con rendimientos sujetos a la especie. Los rendimientos de avena en el Valle 16 de Octubre producidos en secano, oscilan alrededor de 5.500 a 7.000 kg de materia seca (MS) ha⁻¹ y 1.400 kg grano ha⁻¹ (Agencia de Extensión Rural (AER) Trevelin 2011)

Bajo la modalidad de “riego deficitario establecer cuánto puede cosecharse, si se afecta la calidad, cuál es el efecto del riego según el momento de aplicación en el cultivo y cómo se desempeñan los equipos de riego (eficiencias) es clave para dar respuestas concretas y promocionar la producción de forraje en apoyo a los sistemas ganaderos de la región.

El presente trabajo toma esta propuesta para evaluar el efecto del riego sobre el rendimiento y calidad forrajera de un cultivo de avena, sembrado en primavera, bajo tres láminas de riego distintas aplicadas en la etapa fenológica de espigazón para la temporada 2011/12.

Objetivo:

- Evaluar el efecto del riego deficitario sobre la producción (forraje y grano) y la calidad de forraje de un cultivo de avena.

Hipótesis

- En situación de riegos deficitarios, el rendimiento máximo tanto de forraje como de grano se obtendrá con la mayor lámina de agua aplicada.

Materiales y Métodos

El sitio de estudio tiene lugar en el departamento Futaleufú al noroeste de la Provincia de Chubut, Patagonia Argentina. Específicamente, el ensayo se llevó a cabo en el Campo Experimental Trevelin, dependiente de la Estación Experimental Agroforestal del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Esquel (EEA INTA Esquel) situado en las inmediaciones del paraje de Aldea Escolar (Latitud: 43° 7' 8,81'' Sur; Longitud: 71° 32' 22,36'' Oeste)

El ensayo consistió en la aplicación de tres láminas de riego distintas a un cultivo de avena sembrado a fines de octubre de 2011. Se efectuaron cuatro riegos, desde el 06/01/2012 al 26/01/2012 (coincidente con la etapa fenológica de espigazón), que totalizaron 60 mm en el tratamiento T₆₀, 88 mm en el tratamiento T₈₈ y 103 mm en el tratamiento T₁₀₃. Estas láminas fueron las láminas media efectivas que alcanzaron el nivel del suelo en cada tratamiento.

La avena utilizada en el ensayo correspondió a la variedad "Máxima" (*Avena sativa* var *Máxima*) desarrollada por el área de Mejoramiento Genético Vegetal del INTA Bordenave (sudoeste Pcia. de Bs. As.), e introducida en el NO de Chubut alrededor del año 1999.

A campo se determinó la intensidad de precipitación de los tratamientos a través de la instalación de colectores (pluviómetros). Los recipientes colectores fueron dispuestos en línea, en sentido perpendicular a la trayectoria de retroceso del equipo enrollador según la metodología propuesta por Merriam & Keller (1978) a nivel de suelo. La lámina

recolectada representó la precipitación efectiva por riego que alcanzó el suelo: 60 mm, 88 mm y 103 mm.

Para el riego se dispuso de un cañón o enrollador adquirido en 2010 marca Irri – Ar (origen Italia), modelo Compakta 100 / 330, acompañado por una tracto-bomba acoplada a un motor marca Deutz F4L 2011, 2300 r.p.m. modelo MDAR 224 con equipamiento estándar. La bomba correspondió a una Rovatti F43K80 / 3 – E.

Se desplegaron 235 m de manguera por cada pasada de riego y se utilizó una boquilla de 28 mm. Combinando las marchas y el comando de apertura de la turbina, se reguló la velocidad de retroceso del equipo y por ende la intensidad de agua precipitada (lámina). La velocidad de retroceso del trineo porta - aspersor se fijó en 50 m h^{-1} , 30 m h^{-1} y 20 m h^{-1} para los tratamientos T_{60} , T_{88} y T_{103} respectivamente.

El tamaño de la unidad experimental considerado fue de 5 m x 24 m (120 m^2) (aunque la parcela regada fue mayor) en un diseño de bloques al azar (DBCA) dispuestos en una sola franja siguiendo la pendiente longitudinal natural del terreno (pendiente = 1,8 %). El factor de bloqueo lo constituyó la posición en el terreno diferenciándose una zona alta (bloque 1), una zona media (bloque 2) y una zona baja (bloque 3). Dentro de cada bloque se distribuyeron los tratamientos al azar, resultando en un DBCA de tres tratamientos (T_{60} , T_{88} y T_{103}) y tres repeticiones por tratamiento, uno dentro de cada bloque

El cultivo de avena (*Avena sativa* var. *Máxima*) se sembró el 27/10/2011 en siembra directa, con una sembradora marca Juber modelo 2018, a una distancia de 0,17 m entre hileras, a razón de $100 \text{ kg de semilla ha}^{-1}$. El análisis de suelo determinó la necesidad de fertilizar a razón de 80 kg ha^{-1} con un arrancador de composición 9:46:0 4:6 (N:P₂O₅:K₂O Ca:S). El fertilizante se incorporó al momento de la siembra

El cultivo antecesor fue un alfalfar de 7 años. El lote entró en barbecho químico en mayo del mismo año, momento en el cual se aplicó un herbicida de cobertura total para el control de malezas.

La siembra directa se efectuó sobre un suelo con cobertura de rastrojo de alfalfa y broza.

Balance hídrico del suelo

La estimación del coeficiente de estrés del cultivo (k_s) y el cálculo de la evapotranspiración del cultivo ajustada (ET_{caj}) empleados en el balance hídrico del suelo se calculó siguiendo la metodología propuesta por FAO (Allen, 2006).

El punto de partida fue el agua disponible promedio (WrT) a la siembra para parcelas de un mismo tratamiento.

Rendimiento y calidad de forraje

A la semana del último riego (cultivo en grano lechoso) se tomaron cuatro submuestras de forraje en muestreo sistemático al azar con marcos de 0,3 m x 0,6 m. Las cuatro submuestras conformaron la muestra efectiva del tratamiento correspondiente.

El rendimiento se obtuvo de la suma tanto de los pesos como las superficies cosechadas de cada submuestras y luego se proyectó el dato a $kg\ MS\ ha^{-1}$ para cada repetición y tratamiento.

En el caso de las determinaciones de calidad, se formó una sola muestra compuesta por fracciones de cada submuestra cosechada, hasta reunir 1 kg aprox. de MS en total, por repetición y tratamiento. Estas muestras se enviaron al Laboratorio de la Cátedra de Química Agrícola de la Fac. de Cs. Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo donde determinaron: % humedad (estufa de 105 °C), % cenizas, % proteínas totales (Método Kjeldhal), % grasas (Método de Destilación con éter etílico) y % fibra bruta (Método de digestión ácido-alkali) según el esquema Weende. FDA y FDN fueron determinados a través del método Van Soest (1982) y Van Soest *et al.* (1991).

Rendimiento en grano

Una vez que el cultivo alcanzó la madurez de cosecha se procedió a realizar la remoción de material (panojas) para la evaluación de rendimiento de grano. Se utilizó el mismo procedimiento de muestreo y cálculo que para las evaluaciones de forraje, pero con marcos de 1 m x 1 m.

El material se trilló a gabinete de forma manual.

Resultados y discusión

Balance hídrico del suelo

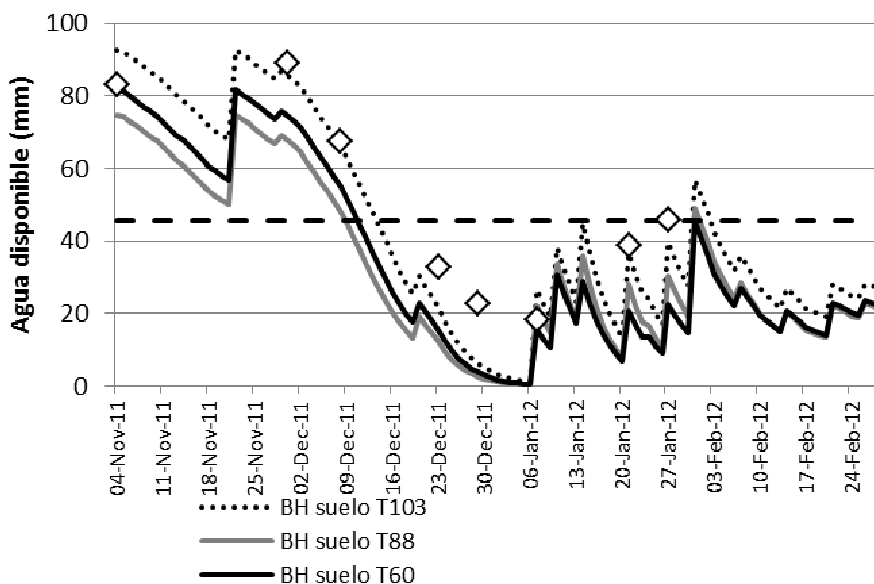


Figura 1. Balance hídrico simulado por tratamiento para los 60 cm de suelo considerados en el estudio. Los puntos representan el contenido de humedad del suelo medido a campo.

El balance hídrico (Figura 1) evidenció un cultivo creciendo bajo condiciones de estrés hídrico desde mediados de diciembre hasta principios de enero aproximadamente, momento en el cual hubo precipitaciones que aportaron 25 mm además del agua proporcionada por riego. El contenido hídrico del suelo fue incrementándose hasta fines de enero, con un efecto positivo en la producción de forraje, aunque demasiado tarde para ver su efecto en el rendimiento de grano

Las necesidades netas de riego acumuladas para el cultivo de la avena durante el ciclo agrícola 2011/2012 aproximó los 370 mm.

Las precipitaciones (precipitación efectiva) aportaron el 27 % de las necesidades del cultivo; los tratamientos de riego el 22 %, 19 % y 13 % para el T₁₀₃, T₈₈ o T₆₀ respectivamente, y la reserva de agua del suelo en los primeros 60 cm del suelo el 13 %, 14 % y 15 % respectivamente. De esta manera, para la temporada 2011/12 el cultivo se enfrentó a un déficit hídrico del 38 %, 41 % y 46 % según el tratamiento de riego.

Rendimiento de forraje

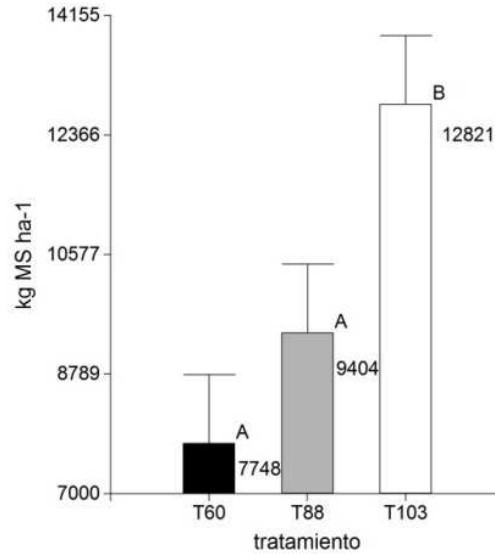


Figura 2. Producción de forraje (kg MS ha⁻¹) por tratamiento de riego.

El ANOVA del rendimiento en materia seca (MS) evidenció diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha = 0,1$) ($F_{(2; 4)} = 6,33$, $p = 0,057$). El tratamiento T₁₀₃ produjo un 33 % más forraje que los otros dos tratamientos (Figura 2). Evaluado en fardos de 25 kg, T₁₀₃ tuvo una diferencia media de 168 fardos ha⁻¹ respecto al resto de tratamientos, donde no se encontraron diferencias entre si. Aparentemente, un número mayor de macollos y área foliar sean los factores principales que expliquen los distintos niveles de producción de forraje entre los tratamientos de la Figura 2 (Peltonen – Sainio & Järvinen (1995); Peltonen Sainio *et al.* (2009), Miralles *et al.* 2011). Si bien normalmente a partir del momento de encañazón y hasta antesis se registra la mayor mortandad de macollos (García del Moral & García del Moral 1995; Slafer *et al.* 2003), hay macollos que sobreviven post – antesis aun cuando no hayan alcanzado el estado reproductivo al mismo tiempo que el vástago principal (García del Moral & García del Moral 1995). Por otra parte, Peltonen – Sainio & Järvinen (1995) y Peltonen Sainio *et al.* (2009) reportan la proliferación de macollos post antesis, en avena sobre todo si el cultivo estuvo expuesto a condiciones de sequía durante la primera parte del ciclo

El déficit hídrico suele provocar pérdida de turgencia y en consecuencia una disminución en la tasa de crecimiento y un menor tamaño final de los órganos que se encuentran en expansión activa en el momento del estrés. Sin embargo en aquellos órganos diferenciados que aún no habían iniciado su expansión, el crecimiento se recupera casi instantáneamente luego de superado el estrés (Dardanelli *et al.* 2003)

Los rendimientos logrados superaron los registros de rendimientos medios de avena en seco en la zona de producción del Valle de Trevelin (AER Trevelin 2011).

Calidad de forraje

Tabla 1. Efecto del tratamiento de riego sobre los parámetros de calidad de forraje. Nota: medias con una letra común no son significativamente diferentes.

	% humedad	% ceniza	% PB	% grasas	% fibra
T ₆₀	6,24 a	6,78 a	7,32 a	3,55 a	27,27 a
T ₈₈	5,99 a	6,87 a	9,06 a	3,77 a	28,09 a
T ₁₀₃	5,86 a	7,02 a	7,9 a	3,27 a	28,87 a

	ELN	EM (Mcal kg MS ⁻¹)	FDN	FDA	DVMS (%)
T ₆₀	55,08 a	2,54 a	63,80 a	33,28 a	62,97 a
T ₈₈	52,21 a	2,53 a	63,58 a	32,95 a	63,78 a
T ₁₀₃	52,94 a	2,46 a	60,82 a	32,95 a	63,23 a

Los resultados de los análisis de calidad de forraje (Tabla 1) no presentan diferencias estadísticamente significativas. Esta falta de diferencias podría atribuirse a que láminas ensayadas no resultaron lo suficientemente contrastantes para reflejar el efecto de los tratamientos en la calidad de forraje.

Rendimiento en grano

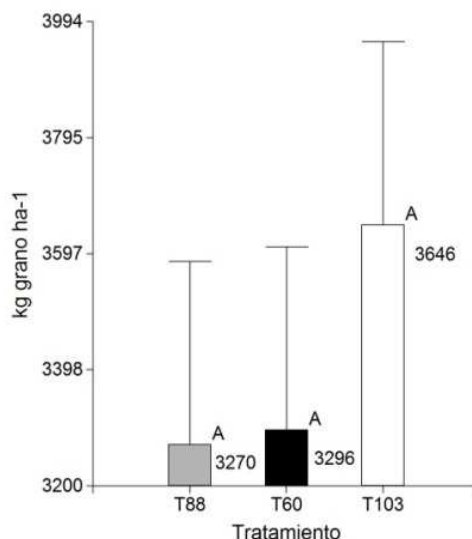


Figura 3. Rendimiento en grano (kg grano ha⁻¹) según el tratamiento de riego recibido.

Los resultados de rendimiento en grano no mostraron diferencias significativas entre tratamientos ($\alpha = 0,1$) ($F_{(2;4)} = 0,45$, $p = 0,6656$) (Figura 3). Varios autores destacan el papel clave de la disponibilidad hídrica para los cultivos durante los períodos fenológicos determinados identificados como “críticos”. En dicho período el efecto del riego se reflejaría en recursos suficientes para promover una mayor proliferación del número final de flores fértiles por espiguilla y extender al máximo posible el período de llenado de granos (Slafer *et al.* 2003; Li *et al.* 2004; Peltonen – Sainio & Rajala 2007; Ucan & Killi, 2010).

La aplicación de riego a partir del estado fenológico de espigazón probablemente logró mejorar la sobrevivencia de los granos post-cuajado, aunque no fue suficiente para asegurar una mayor cantidad de flores fértiles que marquen una diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. Resultados similares fueron reportados por Ali *et al.* (2007).

Los rendimientos en grano cosechados en el presente ensayo resultaron superiores a los 1.400 kg grano ha⁻¹ registrados en el Valle 16 de Octubre por la AER Trevelin (2011).

Conclusiones

La presente investigación permitió documentar el efecto de tres láminas de riego aplicadas bajo la estrategia de riego deficitario sobre la producción de forraje. No obstante no se evidenciaron los mismos efectos sobre el rendimiento en grano, como así tampoco diferencias en la calidad del forraje. Si bien el momento o estado fenológico es importante para ambos tipos de rendimientos, el rendimiento en forraje pareciera tener una respuesta más plástica al riego que el rendimiento en grano.

El balance hídrico del suelo y del cultivo expresa claramente la situación real bajo la cual se desarrolló el cultivo y sirve de herramienta gráfica para pensar estrategias tales como utilizar el suelo de reservorio de agua para los momentos críticos del cultivo.

Bibliografía

- AGENCIA DE EXTENSIÓN RURAL TREVELIN (AER Trevelin - EEA INTA Esquel). 2011. Encuesta Agrícola 2011 y evaluación de la calidad de forrajes
- ALI, M. H; HOQUE, M. R; HASSAN, A. A; KHAIR, A. 2007. Effects of deficit irrigation on yield, water productivity and economic returns of wheat. *Agricultural Water Management* 92: 151 – 161.
- ALLEN, R; PEREIRA, L. S; RAES, D; SMITH, M. 2006 . ETc bajo condiciones de estrés hídrico. En: *Evapotranspiración del cultivo – Estudio FAO Riego y Drenaje* 56. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Cap 8: 161 – 182. ISBN 92-5-304219-2.
- AMICO, I. L. 2010. Efecto de las variables ambientales sobre el crecimiento y productividad de *Populus nigra* 'italica' en plantaciones lineales en distintos sitios del noroeste de Chubut. Doctorado en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo, Facultad de Ciencias Agrarias. 201 pág.
- BOBADILLA, S. E; LEXOW, G. 2012. Ensayo de forrajeras en el Valle 16 de Octubre, Chubut. INTA, Estación Experimental Agroforestal Esquel, Argentina. Carpeta de información técnica de la EEA Esquel (Chubut) Sección: Agricultura, pág 89 – 96.
- DARDANELLI, J; COLLINO, D; OTEGUI, M. E; SADRAS, V. O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Satorre E. H, Benech Arnold R. L, Slafer G. A, de la Fuente E. B, Miralles D. J, Otegui M. E, Savin R. eds. *Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo*. 1ª edición. Editorial Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires. Cap. 16: 375 – 440. ISBN 950-29-0713-2.
- DUMONT, L. J. C; LANUZA, A. 1990. Producción y composición química de la Avena (*Avena sativa* L.), en diferentes estados de desarrollo. *Agricultura Técnica (Chile)* 50 (1): 1-6.
- GAGGIOTTI, M; COMERÓN, E. A; GALLARDO, M. R. 2008. Tabla de composición química de alimentos para ruminantes. Centro Regional Santa Fe – EEA Rafaela. Proyecto Lechero 2008. Ediciones INTA. p: 21 – 23.
- GARCÍA DEL MORAL, M. B; GARCÍA DEL MORAL, L. F. 1995. Tiller production and survival in relation to grain yield in winter and spring barley. *Field Crops Research* 44: 85 – 93.
- GUITART FITÉ, E. 2008. Caracterización de la Ganadería Bovina en Patagonia Sur. Carpeta de información técnica de la EEA Esquel (Chubut) Sección: Economía, pág 37 – 42

- LI W; LI W; LI Z. 2004. Irrigation and fertilizer effects on water use and yield of spring wheat in semi - arid regions. *Agricultural Water Management* 67: 35 – 46.
- MARTINEZ, M. F; ARELOVICH, H. M; WERHAHNE, L. N. 2010. Grain yield, nutrient content and lipid profile of oat genotypes grown in a semiarid environment. *Field Crops Research*. 116: 92 – 100.
- McCORMICK, J. S; SULK, R. M; BARKER, D. J; BEUERLEIN, J. 2006. Yield and Nutritive Value of Autumn – seeded Winter – hardy and Winter – sensitive Annual Forages. *Crop Science* : 46: 1981 – 1989.
- MERRIAM, J. L; KELLER, J. 1978 b. Traveling Sprinkler Irrigation. En: *Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management*. 3a edición. Utah State University. Logan, Utah. Cap. 6: 97 – 110.
- MIRALLES, D. J; ARISNABARRETA, S; ALZUETA, I. 2011. Desarrollo ontogénico y generación del rendimiento. En: Miralles D. J, Benech – Arnold R. L, Abeledo G eds. *Cebada Cervecera*. Editorial Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires. Cap. 1: 1 – 34. ISBN 978-987-9260-84-5.
- VAN SOEST, P.J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Comstock, ComeU Univ. Press, Itbaca, Nueva York.
- VAN SOEST, P. J. ROBERTSON, J. B. LEWIS, B.A. 1991. Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. In: *Symposium: Carbohydrate methodology, metabolism and nutritional implications in dairy cattle*. *Journal of Dairy Science* 74: 3583 – 3597.
- PELTONEN – SAINIO, P; JAUHIAINEN, L; RAJALA, A; MUURINEN, S. 2009. Tiller traits of spring cereales under tiller – depressing long day conditions. *Field Crops Research* 113: 82 – 89.
- PELTONEN - SAINIO, P; JÄRVINEN, P. 1995. Seeding rate effects on tillering, grain yield, and yield components of oat at high latitude. *Field Crops Research* 40: 49 – 56.
- PELTONEN – SAINIO, P; RAJALA, A. 2007. Duration of vegetative and generative development phases in oat cultivars since 1921. *Field Crops Research* 101: 72 – 79
- UCAN, K; KILLI, F. 2010. Effects of different irrigation programs on flower and capsule numbers and shedding percentage of sesame. *Agricultural Water Management* 98: 227 – 233.