

Productividad del agua en el cultivo de triticale (*X. Triticosecale* Wittmack) en La Comarca Lagunera de Coahuila, México*

Water productivity triticale cultivation (*X. Triticosecale* Wittmack) in La Comarca Lagunera of Coahuila, Mexico

José Alfredo Montemayor Trejo¹, Miguel Ángel Segura Castruita¹, Juan Munguía López² y José Luis Woo Reza^{3§}

¹Instituto Tecnológico de Torreón. Carretera Torreón-San Pedro, km 7.5 Torreón, Coahuila. México. Tel. (871) 750 71 98. (jtmontemayor@hotmail.com; dimilys5@hotmail.com). ²Docente-Investigador del Centro de Investigación de Química Aplicada. Blvd. Enrique Reyna 140. C. P. 25253. Saltillo, Coahuila. México. Tel. (844) 43 89 858. (juan.munguia@ciqa.edu.mx). ³Universidad Autónoma de San Luis Potosí-Facultad de Agronomía. Carretera San Luis Potosí-Matehuala, km 14.5. Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez. C. P. 78321. San Luis Potosí, SLP, México. Tel. 444 852 40 56. [§]Autor para correspondencia: jwoo_reza@hotmail.com.

Resumen

En la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México. La disponibilidad del agua constituye una de las mayores limitantes para la producción de forrajes. En el periodo de otoño - invierno se establecen los cultivos de zacate ballico (*Lolium multiflorum*), trébol (*Trifolium*) y avena (*Avena sativa* L.). Sin embargo, por la poca disponibilidad del agua durante este periodo, existe el interés de mejorar la productividad del agua mediante el establecimiento de nuevos cultivos. El triticale ha demostrado ser una especie competitiva con el zacate ballico, trigo (*Triticum* spp.), cebada (*Hordeum vulgare*), centeno (*Secale cereale*) y ryegrass (*Lolium*). Además, posee las cualidades nutritivas y puede sustituir a la avena, sobre todo en regiones con bajas temperaturas. El objetivo del estudio fue evaluar la productividad del agua en el cultivo de triticale y estimar la producción de materia seca en función del índice de área foliar (IAF). El establecimiento del cultivo fue en dos periodos de otoño-invierno, en los años 2011 y 2012 en la pequeña propiedad Campo sagrado ubicada en el km 9.5 de la carretera Torreón-Mieleras. La productividad del agua (PA) fue de 1.08 g m⁻² mm⁻¹ y de 1.3 g m⁻² mm⁻¹ en los periodos evaluados. La producción de materia seca (MS) fue estimada mediante

Abstract

In the Comarca Lagunera from the states of Coahuila and Durango, Mexico; water availability is one of the major constraints for fodder production. During autumn - winter grass ryegrass (*Lolium multiflorum*), clover (*Trifolium*) and oats (*Avena sativa* L.) are established. However, the limited availability of water during this period, there is interest in improving water productivity by establishing new crops. Triticale has proven to be a competitive species with wheat (*Triticum* spp.), barley (*Hordeum vulgare*), rye (*Secale cereale*) and ryegrass (*Lolium*). It also has the nutritional qualities and can replace oats, especially in regions with low temperatures. The aim of the study was to evaluate water productivity in triticale and estimate dry matter production based on leaf area index (LAI). The crop was established during two cycles in autumn-winter 2011 and 2012 in a small property from Campo Sagrado located at Km 9.5 on the Torreón-Mieleras road. Water productivity (PA) was 1.08 g m⁻² mm⁻¹ and 1.3 g m⁻² mm⁻¹ in the evaluated period. The production of dry matter (MS) was estimated using a linear model MS= 50.86 IAF - 19.68 and R²= 0.90. Water applied was 520 and 620 mm in each cycle with yields of 566 and 807 g m⁻².

* Recibido: febrero de 2015
Aceptado: abril de 2015

un modelo de tipo lineal $MS = 50.86 IAF - 19.68$ y $R^2 = 0.90$. El agua aplicada fue de 520 y 620 mm en cada ciclo, con rendimientos de 566 y 807 g m⁻².

Palabras clave: índice de área foliar, materia seca, triticale.

Introducción

En la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México. En el ciclo agrícola 2011 y 2012 se establecieron 188 524 ha que incluyen a los cultivos perennes. La superficie establecida para los principales cultivos forrajeros como son la alfalfa, maíz y sorgo (*Medicago sativa* L., *Zea mays* L. y *Sorghum vulgare*) fue de 105 031 ha; lo que representó 55.7% del total de la superficie cultivada (El Siglo de Torreón, 2013). Sin embargo, esta superficie presenta el problema de la disponibilidad del agua, que se agudiza por el constante y progresivo abatimiento de los niveles freáticos de los acuíferos. La CONAGUA (2010) indica que en México existen 653 acuíferos, de los cuales 101 están sobreexplotados; el acuífero principal de la Comarca Lagunera no es la excepción a este problema.

Este acuífero en particular presenta una recarga natural de 800 millones de metros cúbicos (Mm³) y su extracción es de aproximadamente 1 252 Mm³, en este desbalance, se estima un descenso de los niveles freáticos de 1.3 m por año (CONAGUA, 2004). Por otra parte, en esta región se ubica una de las principales cuencas lecheras del país; con 248 812 cabezas de ganado bovino en producción, que requieren de 3,732 toneladas de materia seca diaria para su sostenimiento (El Siglo de Torreón, 2013). No obstante, en los ciclos otoño-invierno 2011 y 2012 solo se establecieron 19 856 ha de cultivos forrajeros. Lo anterior se debe a que la producción de forrajes se limita a la extracción del agua mediante pozos de bombeo, destacando los cultivos de avena forrajera con 15 229 ha y el zacate ballico con 1 958 ha.

Por lo tanto, el incremento del costo del forraje impacta la producción de leche. Hardaker *et al.* (2004) indican que las condiciones en las que un productor trabaja o cualquier otra empresa de negocios, están en función del medio ambiente y las condiciones de mercado, factores que no se pueden controlar, lo que representa riesgos durante la producción. En la agricultura, una de las alternativas para disminuir los riesgos es la incorporación de cultivos tolerantes a bajas temperaturas y resistentes al estrés hídrico. (Amigoni *et al.*,

Keywords: dry matter, leaf area index, triticale.

Introduction

In the Comarca Lagunera from the states of Coahuila and Durango, Mexico, during the agricultural cycle 2011 and 2012, 188,524 ha were established which include perennial crops. The surface established for the main forage crops such as alfalfa, corn and sorghum (*Medicago sativa* L., *Zea mays* and *Sorghum vulgare* L.) was 105,031 ha; which represented 55.7% of total area cultivated (El Siglo de Torreón, 2013). However, this surface has a water availability problem, which is exacerbated by the steady and progressive reduction of groundwater. CONAGUA (2010) indicates that there are 653 aquifers in Mexico, of which 101 are overexploited; the main aquifer of the Comarca Lagunera is exception to this problem.

This particular aquifer has a natural recharge of 800 million cubic meters (Mm³) and extraction is about 1252 Mm³, in this imbalance, a decline of groundwater levels of 1.3 m per year (CONAGUA, 2004) is estimated. Moreover, in this region is one of the major producers of dairy of the country; with 248,812 heads of cattle production, which require daily 3,732 tons of dry matter for sustenance (El Siglo de Torreón, 2013). However, during the autumn-winter 2011 and 2012 cycles were established only 19 856 ha of forage crops. This is because forage production is limited to the extraction of water from wells, highlighting oat with 15 229 ha and grass ryegrass with 1 958 ha.

Therefore, increased feed costs affect milk production. Hardaker *et al.* (2004) indicate that the conditions under which a producer works or any other business enterprise, depend on the environment and market conditions, factors that cannot be controlled, which poses risks during production. In agriculture, one of the alternatives to reduce the risks is to incorporate crops tolerant to low temperatures and water stress resistant (Amigoni *et al.*, 2010). This generates the need to evaluate and adopt new irrigation technologies, as well as a change in crop patterns, as this should consume less water and climate change resistant.

An indicator for its adoption is water productivity, this is expressed as kilograms of dry matter per cubic meter of water applied (kg MS m⁻³), kilograms of dry matter on

2010). Lo anterior genera la necesidad de evaluar y adoptar nuevas tecnologías del riego, así como un cambio en el patrón de cultivos, estos deben ser menos consumidores de agua y resistentes a cambios del clima.

Un indicador para su adopción es la productividad del agua, esta se expresa como kilogramos de materia seca por metro cubico de agua aplicada (kg MS m^{-3}), kilogramos de materia seca sobre mm de agua aplicada (kg mm^{-1}) o g por unidad de superficie por mm de agua ($\text{g m}^{-2}\text{mm}^{-1}$) (Howell *et al.*, 1998; Morozzi *et al.*, 2005). En los distritos de riego en México, este indicador para un periodo de 1994 al 2008 no supera el valor de 1.6 kg m^{-3} (CONAGUA, 2010). Sin embargo, en alfalfa y maíz este valor puede incrementar a 2 kg m^{-3} y 4 kg m^{-3} (Montemayor *et al.*, 2007 y Montemayor *et al.*, 2010). La productividad del agua varía de región a región y está directamente influenciada por varios factores como la fertilidad del suelo, variedad, fechas de siembra, densidades de población, prácticas culturales, sistema de riego y clima; sin embargo, este valor debe incrementarse porque el agua es el recurso más limitante en la agricultura (Colaizzi *et al.*, 2004; Ahmad *et al.*, 2004).

El triticale es un cultivo tolerante a las bajas temperaturas y puede incorporarse como un componente anual en los sistemas de producción de forrajes de invierno (William *et al.*, 2008). Entre sus características resalta la alta producción de materia seca y la menor pérdida de calidad que presenta con el avance de su fenología, en comparación con el cultivo de avena y cebada (Myer y Lozano del Río, 2004). Actualmente, se han generado nuevas variedades de triticale y debido a su alta proteína cruda y contenido de lisina, tiene valores de alimentación más alto que otros cereales (Hale *et al.*, 1985; Hill y Utlely 1989 y Smith *et al.*, 1994). Se ha estimado que el triticale se siembra en más de 3.3 millones de hectáreas en todo el mundo, pero que ha recibido relativamente poca atención para la producción de grano en la parte norte-centro de los Estados Unidos de América, FAO (2005).

Además, puede ser una alternativa como forraje para acompañar al cultivo de alfalfa, mientras que al mismo tiempo produce un cereal de excelente calidad (Lance *et al.*, 2008). Los objetivos de la investigación fueron evaluar la productividad del agua (PA) del cultivo del triticale y estimar la producción de materia seca en función del índice de área foliar en un sistema de riego de pivote central.

mm of water applied (kg mm^{-1}) or g per unit area per mm of water ($\text{g m}^{-2} \text{mm}^{-1}$) (Howell *et al.*, 1998; Morozzi *et al.*, 2005). In the irrigation districts in Mexico, this indicator for a period from 1994 to 2008 does not exceed the value of 1.6 kg m^{-3} (CNA, 2010). However in alfalfa and corn this value can increase to 2 kg m^{-3} and 4 kg m^{-3} (Montemayor *et al.*, 2007 and Montemayor *et al.*, 2010). Water productivity varies from region to region and is directly influenced by several factors such as soil fertility, variety, planting dates, densities, cultural practices, irrigation system and climate; however, this value should be increased because water is the most limiting resource in agriculture (Colaizzi *et al.*, 2004; Ahmad *et al.*, 2004).

Triticale is a crop tolerant to low temperatures and can be incorporated as an annual component in winter forage production systems (William *et al.*, 2008). Among its features highlights increased dry matter production and less quality loss that comes with the advance of phenology, compared with oat and barley (Myer and Rio Lozano, 2004). Currently, have been generated new triticale varieties and due to their high crude protein and lysine content, has higher feeding values than other cereals (Hale *et al.*, 1985; Hill and Utlely 1989 and Smith *et al.*, 1994). It has been estimated that triticale is grown on more than 3.3 million hectares worldwide, but has received relatively low attention for grain production in the north-central area from the United States, FAO (2005).

In addition, it can be an alternative as forage to accompany alfalfa crop, while at the same time produces a high quality cereal (Lance *et al.*, 2008). The objectives of the research were to evaluate water productivity (PA) of triticale and estimate dry matter production based on leaf area index with center pivot irrigation system.

Materials and methods

The Comarca Lagunera is between $101^{\circ} 41'$ and $104^{\circ} 61'$ west longitude and $24^{\circ} 59'$ and $26^{\circ} 53'$ north latitude, at an altitude of 1 100 masl. It occupies a total area of 47 887 km^2 with a mountainous extension and a flat surface where the agricultural area is located. The climate is dry desert, with rains in summer and cool winter; average annual rainfall 258 mm and average annual evaporation 2 000 mm so the

Materiales y métodos

La Comarca Lagunera se encuentra entre 101° 41' y 104° 61' latitud oeste y 24° 59' y 26° 53' longitud norte, a una altitud de 1 100 msnm. Ocupa un área total de 47 887 km² con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza el área agrícola. El clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco; la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual de 2 000 mm por lo cual la relación precipitación - evaporación es 1:10; la temperatura media anual es 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C. El periodo de bajas temperaturas se presentan de noviembre a marzo, aunque en algunas ocasiones se presentan en forma temprana en octubre y de forma tardía en el mes de abril (García, 1973). Esta investigación fue realizada en la Pequeña Propiedad Campo Sagrado ubicada en el kilómetro 9.5 de la carretera Torreón - Mieleras Coahuila.

La evaluación fue durante dos ciclos del cultivo, en los periodos de otoño - invierno de los años 2011-2012 y 2012-2013. La siembra se realizó en los primeros días del mes de octubre, con una densidad de 120 kg ha⁻¹ de la variedad Pelona AN-31, esta variedad se clasifica como de hábito intermedio invernal (Ye *et al.*, 2001). La fertilización fue al momento de la siembra con una sola aplicación de 250 kg ha⁻¹ de sulfato de amonio. El tipo de suelo es franco-arenoso con una capacidad de retención de agua 0.2 g de agua g⁻¹ de suelo. La lámina de riego fue aplicada con un sistema de riego tipo pivote central, este fue previamente calibrado para medir la aplicación del agua en función del porcentaje de avance del pivote (Montemayor *et al.*, 2012). Los porcentajes de avance aplicados fueron de 20 a 30% con láminas de 10 a 15 mm. Para verificar lo anterior, las láminas de agua se registraron *in situ* con un pluviómetro que se ubicó en la parte inferior de los rociadores del sistema de riego y el pluviómetro fue conectado a una estación climática automatizada donde se registraron las láminas y frecuencias de aplicación del agua.

Las variables de respuesta fueron. Materia seca, se midió en forma semanal a partir de los treinta días después de siembra, se tomaron cuatro muestras de peso fresco de forraje de un metro cuadrado, mediante muestras secadas en estufa a 60° centígrados, se determinó el porcentaje de materia seca para cada muestra y se calcularon los rendimientos correspondientes. Índice de área foliar, se midió semanalmente con el equipo LAI 2000 Plant Canopy

precipitation - evaporation ratio is 1:10; average annual temperature 21 °C with a maximum of 33.7 °C and minimum 7.5 °C. The low temperatures period is from November to March, but sometimes start in early October and late finish in April (García, 1973). This research was conducted in the Small Property Campo Sagrado located at kilometer 9.5 of the road Torreón - Mieleras, Coahuila.

The evaluation was for two crop cycles from autumn - winter 2011-2012 and 2012-2013. The planting was made in the early days of October, with a density of 120 kg ha⁻¹ of Pelona AN-31 variety, this variety is classified as intermediate winter habit (Ye *et al.*, 2001). Fertilization was made at planting time with a single application of 250 kg ha⁻¹ ammonium sulphate. The soil type is sandy loam with a water holding capacity 0.2 g of water g⁻¹ soil. Irrigation was applied with a center pivot irrigation system, this was previously calibrated to measure the application of water based on the percentage of movement of the pivot (Montemayor *et al.*, 2012). The feed rates applied were 20 to 30% with layers of 10 to 15 mm. To verify this, water layers were recorded *in situ* with a rain gauge that was placed at the bottom of the sprinkler irrigation system and the rain gauge was connected to an automated weather station where the layers and frequency of application were registered.

The response variables were, dry matter, measured on a weekly basis from thirty days after sowing, four samples of fresh forage weight of one square meter were taken, from dried samples in an oven at 60 °C, dry matter percentage was determined for each sample and the corresponding yields were calculated. Leaf area index was measured weekly with a LAI 2000 Plant Canopy Analyzer (LI-COR, Inc., Lincoln, Nebraska, USA). Water productivity was calculated from the dry matter produced over the applied water mm for each cut and the end of each cycle applied.

Using the linear regression analysis, the applied irrigation layer was found; $Y_{ij} = \beta_1 X_i + \beta_0 + e_{ij}$ where Y_j = Layer applied (cm); X_i = days after sowing (das), β_1 = slope of the line (cm day⁻¹); β_0 = intercept at the origin (cm); and e_{ij} = model errors with zero mean and unit variance. The linear regression analysis method was also used to find the production models of MS based on leaf area index of the crop. Statistical analysis was performed with the package of experimental designs from (Olivares, 2012).

Analyzer (LI-COR, Inc. Lincoln, Nebraska, EE.UU). La productividad del agua fue calculada de la materia seca producida entre los mm de agua aplicada correspondientes a cada corte y al final de cada ciclo.

Mediante análisis de regresión lineal se encontró el modelo de lámina de riego aplicada. $Y_{ij} = \beta_1 X_i + \beta_0 + e_{ij}$ donde, Y_j = Lámina aplicada (cm); X_i = días después de siembra (dds) β_1 = pendiente de la recta (cm día⁻¹); β_0 = intercepto en el origen (cm); y e_{ij} = errores del modelo con media cero y varianza uno. El método de análisis de regresión lineal fue utilizado también para encontrar los modelos de producción de MS en función de índice de área foliar del cultivo. El análisis estadístico fue realizado con el paquete de diseños experimentales de (Olivares, 2012).

Resultados y discusión

Producción de materia seca e índice de área foliar. El ciclo vegetativo fue de 167 días para el periodo otoño-invierno 2011 y de 158 días para el periodo de 2012; en ambos ciclos tres cortes se realizaron al cultivo (Cuadro 1). Los rendimientos fueron diferentes estadísticamente entre los dos ciclos de cultivo, y se debió principalmente a los volúmenes de agua aplicados en cada ciclo (Cuadro 1). En 2011 se aplicaron 5 200 m³ ha⁻¹ durante el ciclo del cultivo, y 2012 se aplicó un volumen de 6 200 m³ ha⁻¹, lo anterior represento un volumen mayor de 19.2% con respecto al año 2011. Nielsen *et al.* (2006) reportan un rendimiento promedio de 391.6 gr m⁻² de materia seca en triticale, con una desviación estándar de 132.2 g m⁻² en un periodo de dos años, y concluyeron que la precipitación ocurrida en ese tiempo, influyo en el rendimiento.

Por otra parte, Barbazán *et al.* (2002) obtuvieron rendimientos de MS de 527 a 771 g m⁻², mencionan que estos rendimientos superan a la cebada, avena y trigo. Asimismo, Saseendran *et al.* (2009) lograron producciones de 200 a 600 g m⁻² de MS, en condiciones de baja y alta disponibilidad de agua en el perfil del suelo. Grassi *et al.* (2007) encontró un rendimiento de materia seca de 315.91 g m⁻² ± 67.83. En este estudio, el primer corte fue el de mayor rendimiento, seguido por el tercero y segundo corte (Cuadro 1). La producción diferenciada en los cortes, se debe principalmente a los volúmenes de agua para cada corte en ambos ciclos del cultivo. Así, para el ciclo 2011 el segundo y tercer corte decreció 47% y 37% respectivamente con respecto al primer corte, y para el ciclo 2012 la diferencia fue de 49% y 43% respectivamente.

Results and discussion

Dry matter production and leaf area index. The growing season was 167 days for autumn-winter 2011 and 158 days for 2012; three cuts in both cycles (Table 1). Yields were statistically different between the two crop cycles and mainly due to the volume of applied water in each cycle (Table 1). In 2011 applied 5 200 m³ ha⁻¹ during the growing season, and in 2012 a volume of 6 200 m³ ha⁻¹, this represented a higher volume of 19.2% over 2011. Nielsen *et al.* (2006) reported an average yield of 391.6 g m⁻² of dry matter in triticale, with a standard deviation of 132.2 g m⁻² in a two-year period and concluded that precipitation at that time, influenced on yield.

Moreover, Barbazan *et al.* (2002) had MS yields of 527-771 g m⁻², mentions that these yields outperform barley, oat and wheat. Also Saseendran *et al.* (2009) achieved yields of 200-600 g m⁻² of MS, in low and high water availability condition in the soil profile. Grassi *et al.* (2007) found dry matter yield of 315.91 g m⁻² ± 67.83. In this study, the first cut had the highest yield, followed by the third and second cut (Table 1). Differential production in the cuts is mainly due to water volumes for each cut in both crop cycles. Thus, for 2011 cycle, the second and third cut decreased 47% and 37% respectively compared to the first cut and for 2012 cycle the difference was 49% and 43% respectively.

Ye *et al.* (2001) obtained yields of 631 g m⁻² for the first cut, 263 g m⁻² and 219 g m⁻² for the second and third cut in the same parameter, it is concluded that triticale represents a good alternative to have forage in the critical winter period and recorded higher dry matter production than traditional crops. According to (Table 1), leaf area index were in the order of 4.4 and 7.6 at the end of the first cut and 3.4 to 4.3 in the second and third cut (Table 1). Saseendran *et al.* (2009) reported values of 1.5 to 3 IAF at 60 days after sowing, indicating that these variations are due to the high or low water availability in the soil profile; the crop responds favorably to soil moisture levels, it has potential as short season forage crop and can be considered for rotation with other crops.

Dry matter production was linearly correlated with leaf area index (Figure 1), this trend agrees with those reported by Reta *et al.* (2007) these authors found linear relationships between LAI and dry matter forage maize set at different distances between rows. Andrew and Shashi (2009) report a linear trend of LAI regarding to days after sowing, reaching

Ye *et al.* (2001) obtuvieron rendimientos de 631 g m⁻² para el primer corte, 263 g m⁻² y 219 g m⁻² para el segundo y tercer corte en esta misma variedad, concluyen que los triticales representan una buena alternativa para disponer de forraje en la época crítica invernal y registran una producción de materia seca superior a los cultivos tradicionales. Según el (Cuadro 1), los índices de área foliar fueron del orden de 4.4 y 7.6 al final del primer corte y de 3.4 a 4.3 en el segundo y tercer corte (Cuadro 1). Saseendran *et al.* (2009) reportó valores del orden de 1.5 a 3 de IAF a los 60 días después de siembra en triticales e indica que estas variaciones se deben a la alta o poca disponibilidad del agua en el perfil del suelo, el cultivo responde favorablemente a los niveles de humedad en el suelo, tiene un potencial como cultivo forrajero de corta estación y puede ser considerado para rotarse con otros cultivos.

Cuadro 1. Índice de área foliar, materia seca, lámina y productividad del agua en el cultivo de triticales en los ciclos otoño-invierno de 2011 y 2012.

Table 1. Leaf area index, dry matter, water layer and water productivity in the cultivation of triticales in autumn - winter 2011 and 2012.

Año	Corte	Dds	IAF	MS (g m ⁻²)	Lámina (mm)	PA (g m ⁻² mm ⁻¹)
2011	1	75	4.4	261 ^b	350	0.74
	2	124	3.4	140 ^b	80	1.75
	3	163	3.6	165 ^b	100	1.65
Suma	-----	-----	-----	566 ^b	520	1.08
2012	1	71	7.6	371 ^a	301	1.13
	2	120	3.8	189 ^a	154	1.22
	3	158	4.3	247 ^a	186	1.32
Suma	-----	-----	-----	807 ^a	620	1.30

Prueba de t de Student ($p \leq 0.01$); valores con la misma letra para cada corte son estadísticamente iguales.

La producción de materia seca fue linealmente correlacionada con el índice de área foliar (Figura 1), esta tendencia coincide con las reportadas por Reta *et al.* (2007) estos autores encontraron relaciones lineales entre el IAF y materia seca en maíz forrajero establecido a diferentes distancias entre surcos. Andrew y Shashi (2009) reportan una tendencia lineal de LAI con respecto a los días después de siembra, alcanzando un máximo de 6.4 para maíz y de 5.7 para soya. De acuerdo al modelo obtenido en la (Figura 1), la pendiente obtenida es de 50.86 g de materia seca por metro cuadrado por unidad de índice de área foliar. Los valores más altos de IAF fueron en el primer corte en ambos ciclos y disminuyen en el segundo y tercer corte (Cuadro 1). Esta disminución se debe principalmente a la disminución del rendimiento del triticales con respecto al número de corte, esta es una característica cuantitativa de cada genotipo y debe ser tomada en cuenta para el propósito específico un solo corte, ensilado o un sistema de pastoreo (Ye *et al.*, 2001).

a maximum of 6.4 for corn and 5.7 for soybean. According to the obtained model in (Figure 1), the slope is 50.86 g of dry matter per square meter per unit of leaf area index. The highest LAI values were in the first cut in both cycles and decrease in the second and third cut (Table 1). This decrease is mainly due to the decrease in triticales yield regarding to the number of cut, this is a quantitative characteristic of each genotype and must be taken into account for the specific purpose of a single cut, silage or grazing system (Ye *et al.*, 2001).

Applied water layer. 520 mm and 620 mm of water were applied for 2011 and 2012 respectively (Table 1); the difference of water layer was due to the breakdown of the pumping equipment, reason why a lower amount of water was applied in the first cycle. From planting to the first cut,

period considered as crop establishment, applying 350 mm in 2011 and 301 mm in 2012. These values represented 67 and 48% of total applied water in each cycle; therefore, it is suggested that residual water from crops preceding the establishment of triticales should be considered. Aggarwal *et al.* (1986) evaluated for a period of three years water consumption in wheat and triticales, indicating that both have a relatively large consumption before anthesis. According to (Table 1) in the second cut 80 mm were applied in 2011, this was mainly due to low water availability. However, crop tolerance to water stress allowed increasing water productivity (Table 1).

The amount of water applied in the second cut increased for 2012, it was 90% more than in the previous cycle. Yields rose 35%. However, water productivity was lower. Aggarwal *et al.* (1986) increased grain filling and harvest index for wheat and triticales by increasing evapotranspiration (ET) but concluded that water use efficiency decreases. In the

Lámina de agua aplicada. La lámina de agua aplicada fue 520 mm en el ciclo 2011, mientras que en 2012 se aplicaron 620 mm. (Cuadro 1). La diferencia de las láminas se debió a la descompostura del equipo de bombeo, motivo por el cual se aplicó una lámina menor en el primer ciclo. De la siembra al primer corte, periodo considerado como el establecimiento del cultivo, se aplicaron 350 mm en el periodo 2011 y 301 mm en 2012. Estos valores representaron 67 y 48% del total de agua aplicada en cada ciclo, por lo tanto, se sugiere que el agua residual de los cultivos que preceden al establecimiento del triticale debe ser considerada. Aggarwal *et al.* (1986) evaluó por un periodo de tres años el consumo de agua en trigo y triticale e indica que ambos tienen un consumo relativamente grande antes de la antesis. Según el (Cuadro 1) en el segundo corte se aplicaron 80 mm en el ciclo 2011, esto se debió principalmente a la poca disponibilidad del agua. Sin embargo, la tolerancia al estrés hídrico por el cultivo permitió incrementar la productividad del agua (Cuadro 1).

Para 2012 se incrementó la aplicación de agua en el segundo corte, ésta fue de 90% más con respecto al ciclo anterior. Los rendimientos se incrementaron 35%. Sin embargo, la productividad del agua fue disminuida. Aggarwal *et al.* (1986) encontraron mayor llenado de grano e índice de cosecha para trigo y triticale al incrementarse la evapotranspiración (Et) pero concluyen que la eficiencia en el uso del agua disminuye. En el tercer corte, se aplicaron 86 mm más de agua para el ciclo 2012, y los rendimientos aumentaron 49%, mostrando una tendencia similar a la del segundo corte.

La (Figura 2) muestra la dinámica de aplicación del agua al cultivo desde la siembra al tercer corte, los riegos se aplicaron en promedio cada tercer día, con láminas de 10 a 15 mm día⁻¹. En los dos ciclos evaluados, se observan periodos de ausencia de riegos, éstos corresponden a los días del primero y segundo corte. La lámina aplicada durante el ciclo del cultivo, mostro un comportamiento lineal con respecto a los días después de siembra. En el periodo evaluado en 2012, de acuerdo a la pendiente de la función obtenida (Figura 2) se observa que se aplicaron en promedio 3.7 mm día⁻¹. Para el periodo 2011, el mejor ajuste de la función fue de tipo potencial, la deflexión de la función o disminución de la aplicación del agua ocurre después de los 70 dds; es decir, después del primer corte. Esta disminución de la aplicación del agua, explica en parte la disminución de los rendimientos obtenidos en el segundo y tercer corte.

La (Figura 3) presenta la producción de materia seca en función de la lámina de agua aplicada, en los ciclos evaluados se encontró una relación lineal entre el agua aplicada y la

third cut, 86 mm more water for 2012 cycle were applied, and yields increased 49%, showing a similar trend in the second cut.

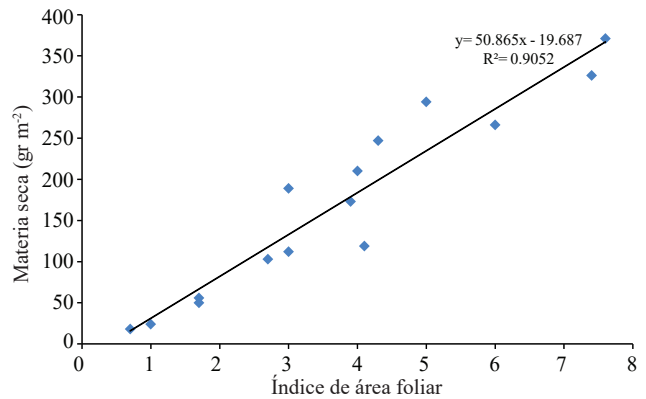


Figura 1. Producción de materia seca en función del índice de área foliar en el cultivo de triticale.

Figure 1. Dry matter production in function of leaf area index in triticale.

Figure 2 shows the dynamic of water application to the crop from planting to the third cut, irrigations were applied on average every third day, with water layers of 10-15 mm day⁻¹. In the two cycles, periods of irrigation absence are observed; these correspond to the days of the first and second cut. The water layer applied during the crop cycle, showed a linear behavior with respect to days after sowing. In 2012 according to the slope of the function obtained (Figure 2) shows that on average 3.7 mm day⁻¹ were applied. For 2011, the best fit was potential, the deflection function or reduction of water application happened after 70 das that is, after the first cut. This decrease in water application, partly explains the decline in yields in the second and third cut.

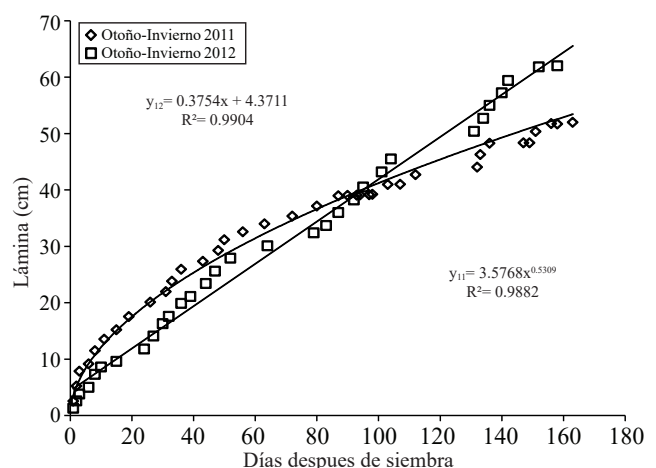


Figura 2. Lámina de agua aplicada al cultivo de triticale durante el periodo de tres cortes en el ciclo 2011-2012.

Figure 2. Applied water to triticale during the three cuts in 2011-2012 cycles.

producción de materia seca. En el ciclo 2011 la pendiente de esa relación fue de $1.78 \text{ gr m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ y para el ciclo 2012 fue de $1.30 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ Nielsen *et al.* (2006) reporta valores de 0.85 a $3.22 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ y una media de $1.65 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ en un periodo de seis años de estudio. Indica que esta eficiencia es ampliamente influenciada por las condiciones de precipitación y época del año. Pendientes de $0.96 \text{ gr m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ para girasol, $1.45 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ para soya, $3 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ para sorgo y $4.17 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ para maíz fueron reportadas por (Stone y Schlegel, 2013), pendiente de $1.6 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ para alfalfa es reportada por (Bradley *et al.*, 2011) y concluyen que la información de estas relaciones proporcionan información para la toma de decisiones en el manejo de la producción de cultivos.

Conclusiones

Los rendimientos de materia seca obtenidos en el cultivo de triticale, fueron afectados por la cantidad de la lámina de agua aplicada. Sin embargo, la productividad del agua se incrementa al disminuir los volúmenes de agua aplicada, lo anterior se debe principalmente a la tolerancia del cultivo al estrés hídrico. La relación de materia seca en función de la lámina de agua aplicada presentó una tendencia lineal en los dos años de estudio, la misma tendencia fue encontrada al relacionar la materia seca con el índice de área foliar.

Agradecimientos

Se agradece la colaboración del señor Salvador Álvarez Díaz propietario de la Pequeña Propiedad Campo Sagrado y al ingeniero Jesús Castruita López responsable técnico de la empresa.

Literatura citada

- Aggarwal, P. K., Singh, A. K.; Chaturvedi, G. S. and Sinha, S. K. 1986. Performance of wheat and triticale cultivars in a variable soil-water environment. II. Evapotranspiration, water use efficiency, harvest index and grain yield. *Field Crops Res.* 13:303-315.
- Ahmad, M. D.; Masih, I. and Turrel, H. 2004. Diagnostic analysis of spatial and temporal variations in crop water productivity: A field scale analysis of the rice-wheat cropping system of punjab, Pakistan. *J. Appl. Irrigation Sci.* 39(1):43-63.

Figure 3 shows the production of dry matter in function of the applied water; in the evaluated cycles a linear relationship between the applied water and dry matter production was found. In the 2011, the slope of this relationship was $1.78 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ and for the 2012 it was $1.30 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ Nielsen *et al.* (2006) reported values of 0.85 to $3.22 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ and a mean of $1.65 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ in a period of six years of study. It indicates that this efficiency is largely influenced by the precipitation and time of year. Slopes of $0.96 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ for sunflower, $1.45 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ for soybeans, $3 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ for sorghum and $4.17 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ for maize were reported by (Stone and Schlegel, 2013), slopes of $1.6 \text{ g m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ for alfalfa is reported by (Bradley *et al.*, 2011) and concluded that the information in these relationships provide information for decision-making in the management of production.

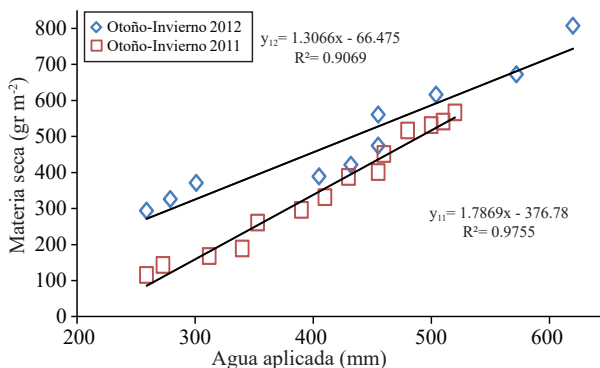


Figura 3. Producción de materia seca en función de la lámina de agua aplicada en el cultivo de triticale.

Figure 3. Production of dry matter based on applied water layer in triticale cultivation.

Conclusions

The dry matter yields obtained in triticale were affected by the amount of applied water. However, water productivity increases with decreasing volumes of applied water, the above is mainly due to crop tolerance to water stress. Dry matter ratio based on applied water showed a linear trend in the two-year study, the same trend was found by relating dry matter with leaf area index.

End of the English version



- Amigone, M.; Chiacchiera, S.; Bertram, N.; Kloster, A.; Conde, M. B. y Masiero, B. 2010. Producción de forraje de avena, cebada forrajera, centeno, triticale y raigrás anual en el sudeste de Córdoba. Sitio argentino de producción animal. <http://www.inta.gov.ar/mjuarez>.

- Andrew, E. S. and B. V. Shashi. 2009. Evapotranspiration of irrigated and rainfed maize-soybean cropping systems. *Agric. For. Meteorol.* 149: 443-452.
- Baigorriam T. y Cazorla, C. 2010. Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. *In: XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - Rosario.*
- Barbazán, M.; Ferrando, M. y Zamalvide, P. J. 2002. Acumulación de materia seca y nitrógeno en gramíneas anuales usadas como cobertera vegetal en viñedos. *Agrociencia.* 6(1):10-19.
- Bradley, R. L.; Hansen, N. C.; Brummer, J. and Pritchett, J. G. 2011. Deficit irrigation of alfalfa for water-savings in the great plains and intermountain west: a review and analysis of the literature. *Agron. J.* 103:45-50.
- Colaizzi, P. D.; Schneider, A. D.; Evett, S. R. and Howell, T. A. 2004. Comparison of SDI, LEPA, and spray irrigation performance for grain sorghum. *Trans. ASAE.* 47(5):1472-1492.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ed.). México, D.F.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2004. Programa hidráulico regional 2002-2006. Región VII. Cuencas Centrales del Norte. Resumen ejecutivo. México, D.F. 142 p.
- El Siglo de Torreón. 2013. Resumen Comarca Lagunera 2012. Cía. Editora de la Laguna S. A de C.V. Torreón, Coahuila, México. 80 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2005. Agricultural data. FAO STAT. Available at <http://faostat.fao.org>. FAO of the United Nations, Rome.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 217 p.
- Grassi, E.; Pochettino, C.; Szpiniak, B. y Ferreira, G. 2007. Potenciales aptitudes de uso en cultivos y líneas de triticale forrajero. *Rev. Argentina de Producción Animal.* 27(1):176-177.
- Hale, O. M.; Morey, D. D. and Meyer, R. O. 1985. Nutritive value of Beagle 82 triticale for swine. *J. Anim. Sci.* 60:503-510.
- Hardaker, J. B.; Huirne, R. B. M.; Anderson, J. R. and Lien, G. 2004. Coping with risk in agriculture. CABI Publ., Cambridge, MA. 322 p.
- Hill, G. M. and Utley, P. R. 1989. Digestibility, protein metabolism and ruminal degradation of Beagle 82 triticale and Kline barley fed in corn-based cattle diets. *J. Anim. Sci.* 67:1793-1804.
- Howell, T. A.; Tolk, A. J.; Schneider, A. D. and Evett, R. S. 1998. Evapotranspiration, yield, and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. *Agron. J.* 90:3-9.
- Lance, R. G.; Jeremy, W. S.; Ronald, J. V and Brock, C. B. 2008. Optimum stand density of spring triticale for grain yield and alfalfa establishment. *Agron. J.* 100:911-916.
- Montemayor, T. J.; Olague, J. A.; Fortis, H. M.; Bravo, S. R.; Leos, R. J. A.; Salazar, S. E.; Castruita, L. J.; Rodríguez, R. J. C. y Chavaria, G. J. A. 2007. Consumo de agua en maíz forrajero con riego subsuperficial. *Terra Latinoam.* 25(2):163-168.
- Montemayor, T. J. A.; Walter, H. A.; Olague, R. J.; Román, A.; Rivera, G. L. M.; Preciado, R. P. Montemayor; T. I. R.; Segura, C. M. A.; Orozco, V. J. A. y Yescas, C. P. 2010. Uso del agua en la alfalfa (*Medicago sativa*) con riego por goteo subsuperficial. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 1(2):145-156.
- Montemayor, T. J. A.; Lara, M. J. L.; Woo, R. J. L.; Munguía, L. J.; Rivera, G. M. y Trucios, C. R. 2012. Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango México. *Agrociencia.* 46(3):267-278.
- Morozzi, D. G.; Debortoli, D. G.; Méndez, M. y Currie, H. 2005. Determinación de algunos indicadores de rendimiento en el cultivo de maíz bajo dos sistemas de riego. *In: memoria Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Republica Argentina.* <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/index.htm>.
- Myer, R. O. and Lozano del Río, A. J. 2004. Triticale as animal feed. *In: Mergoum, M. and Gomez-Macpherson, H. (Ed.) Triticale improvement and producton. FAO plant production and protection paper 179. UN-FAO, Rome.* 172 p.
- Nielsen, D. C.; Vigil, M. F. and Benjamin, J. G. 2006. Forage yield response to water use for dryland corn, millet, and triticale in the central great plains. *Agron. J.* 98:992-998.
- Olivares, S. E. 2012. Paquete de diseños experimentales versión 1.0 Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, N. L. 365 p.
- Reta, S. G. D.; Cueto, W. J. A.; Gaytán, M. A. y Santamaría, C. J. 2007. Rendimiento y extracción de nitrógeno, fosforo y potasio de maíz forrajero en surcos estrechos. *Agric. Téc. Méx.* 33(2):145-151.
- Saseendran, S. A.; Nielsen, D. C.; Lyon, Ma. D. J.; Felter, L. D. G.; Baltensperger, D. D.; Hoogenboom, G. and Ahuja, L. R. 2009. Modeling responses of dryland spring triticale, proso millet and foxtail millet to initial soil water in the High Plains. *Field Crops Res.* 113:48-63.
- Smith, W. A.; du Plessis, G. S. and Griessel, A. 1994. Replacing maize grain with triticale grain in lactation diets for dairy cattle and fattening diets for steers. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 49(3):287-295.
- Stone, R. L. and Schlegel, A. J. 2013. Crop water use in limited-irrigation environments. www.ksre.ksu.edu/irrigate/reports/Stone06.pdf.
- William, M. C.; James, M. F.; Ozzie, A. A and Edward, B. R. 2008. Forage pasture production, risk analysis, and the buffering capacity of triticale. *Agron. J.* 100(1):128-135.
- Ye, C. W. E.; Díaz, S. H.; Lozano, del R. A. J.; Zamora, V. V. M. y Ayala, O. M. J. 2001. Agrupamiento de germoplasma de triticale forrajero por rendimiento, ahijamiento y gustosidad. *Tec. Pec. Mex.* 39(1):15-30.