

Efecto del arreglo espacial de mijo perla en ambientes halo-hidromórficos

BERTRAM, N.A.¹; CHIACCHIERA, S.¹; ANGELETTI, F.R.¹

RESUMEN

La captación de recursos por parte de las diferentes especies está condicionada en gran medida por la disponibilidad de estos en el ambiente y por la distribución de los individuos en el espacio; esta última puede modificarse a partir de diferentes combinaciones de espaciamiento entre hileras y densidades de siembra. El objetivo del trabajo fue determinar con qué arreglo espacial se obtiene el mejor establecimiento y acumulación de biomasa de mijo perla en ambientes halo-hidromórficos. Así, durante las etapas de establecimiento temprano (450°Cd) el incremento en la densidad de siembra de mijo perla aumentó la densidad de individuos (plantas.m⁻²) hasta densidades de 18 kg.ha⁻¹, diluyéndose hacia la primera acumulación (750°Cd) y hallando una meseta en la densidad de macollos con densidades de siembra de 12 kg.ha⁻¹; sin embargo no se halló ninguna diferencia entre las densidades utilizadas en la segunda acumulación (1450°Cd). No se encontraron diferencias durante el crecimiento temprano en el tamaño de individuos o en la biomasa acumulada entre las diferentes densidades de siembra utilizadas; tampoco se hallaron diferencias en la densidad de plantas durante el establecimiento temprano para los diferentes espaciamientos entre hileras, aunque se encontraron posteriormente en ambas acumulaciones que aquellos tratamientos sembrados a mayor distancia entre hileras (40 cm) presentaron mayor biomasa acumulada y peso de sus componentes de rendimiento, respecto de aquellos sembrados con menor espaciamiento (20 cm). No es recomendable para mijo perla reducir el espaciamiento entre hileras en ambientes con limitantes hídricas y salinas.

Palabras clave: establecimiento, distancia entre hileras, densidad de siembra, suelos halo-hidromórficos.

ABSTRACT

The capture of resources by different species is conditioned to a large extent by their availability in the environment and by the distribution of individuals in space, the latter can be modified from different combinations of rows spacing and seeding rate. The objective of the work was to determine with what spatial arrangement the best establishment and growth of pearl millet biomass in halo-hydromorphic environments is obtained. Thus, during the establishment stages, the increase in seeding rate of pearl millet increased the density of individuals (plants.m⁻²), up to densities of 18 kg.ha⁻¹, during the early establishment (450°Cd), diluting to the first growth (750°C), finding a plateau in the density of tillers with seeding rate of 12 kg.ha⁻¹, finding no difference between the densities used in the second growth (1450°C). No differences were found during the early growth in the size of individuals or in the biomass accumulated between the different seeding rate used, nor were differences found in the density of plants during the early establishment for the different rows spacing, finding later in both accumulations, those treatments planted at a greater distance between rows (40 cm) had greater accumulated biomass and weight of their yield components, compared to those planted with less spacing (20 cm), not being recommended for pearl millet to reduce rows spacing in environments with water and salt limits.

Keywords: establishment, row spacing, seeding rate, halo-hydromorphic soils.

¹Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Marcos Juárez, Ecofisiología de forrajeras, ruta 12 km 2, 2580 Marcos Juárez, Córdoba, Argentina. Correo electrónico: bertram.nicolas@inta.gov.ar

INTRODUCCIÓN

Las modificaciones en la densidad de plantas y la distancia entre surcos son herramientas que permiten generar diferentes arreglos espaciales de individuos (Gardner *et al.*, 1985; Praat, 1995), los cuales pueden favorecer o perjudicar el crecimiento de las plantas en función de la disponibilidad de recursos que disponga el ambiente y de la plasticidad fenotípica de las distintas especies (Harper, 1977; Gardner *et al.*, 1985; Parsons, 1988; Skinner, 2005; Brooker, 2006).

Así, por lo general muchas de ellas se ven favorecidas con el incremento de la densidad y la disminución del espacio entre hileras, cuando la disponibilidad de agua y nutrientes está asegurada, siendo más eficientes en la captura de luz, cerrando antes el entresurco (Gardner *et al.*, 1985; Steiner, 1986; Andrade *et al.*, 2002).

En gran parte de los ensayos en donde se combina densidad de siembra y espaciado entre surcos, la disponibilidad de agua y nutrientes no resultó ser una limitante, enfocándose en la competencia lumínica y en los cambios morfofisiológicos que los diferentes arreglos espaciales generan, y en la plasticidad fenotípica de las diferentes especies (Hoff y Mederski, 1960; Duncan, 1984; Duncan, 1986; Gardner *et al.*, 1985; Steiner, 1986; Tetio-Kagho y Gardner, 1988; Egli, 1994; Teasdale, 1995; Flénet *et al.*, 1996; Vega y Andrade, 2000; Andrade *et al.*, 2002; Calviño *et al.*, 2004; Sharratt y McWilliams, 2005; Valentinuz y Tollenaar, 2006).

Por un lado, en los ambientes halo-hidromórficos la disponibilidad de nutrientes por lo general es escasa para el desarrollo de especies vegetales (Aslam *et al.*, 1984; Barbieri y Echeverría, 2003) así como también es frecuente el exceso de sodio y de sales dificultando el ingreso y la movilidad de agua en el perfil (Hagemeyer y Waisel, 1989; Lea-Cox y Syvertsen, 1993; Moya *et al.*, 1999; Munns, 2002) y su accesibilidad y extracción del suelo por parte de la planta. Por otro lado, no suele ser fácil alcanzar situaciones de competencia lumínica ya que habitualmente la luz solar es uno de los pocos recursos en exceso para estos ambientes.

Argentina cuenta con más de 20 millones de hectáreas con algún grado de halo-hidromorfismo en la región pampeana (Gorgas y Bustos, 2008), presentando solamente el centro-sur de la provincia de Córdoba alrededor de 2 millones de hectáreas (Weir, 2000).

En ese contexto, es necesario encontrar especies que se adapten a este tipo de ambientes, pudiendo generar producciones de biomasa estabilizadas en el tiempo. Así es como mijo perla se presenta como una especie macolladora, C4, con buena adaptación a condiciones áridas o semiáridas, tolerando sequías y los suelos pobres (Kramer, 1980; Turner y Jones, 1980; Tapia, 1985; Lowenberg-DeBoer *et al.*, 1995; Maiti y Lopez, 1995; Ruiz y Carrillo, 2005). Adicionalmente, es capaz de crecer en ambientes con ciertos niveles de salinidad (Maiti y Rodríguez, 2010), presentando mejor tolerancia en estadios tempranos, cuando sus requerimientos son mínimos, que en planta adulta (Munns y James, 2003).

Es importante mencionar que la implantación y crecimiento inicial de cualquier forrajera son etapas consideradas de extremada susceptibilidad (Taboada *et al.*, 1998; Scheneiter, 2007), lo cual se vuelve más complejo en ambientes con exceso de sales y sodio, y escasez de agua y nutrientes. Por ello es primordial no solo hallar especies que se adapten a este tipo de condiciones, sino también conocer cuál es el manejo más apropiado para realizar en dichas etapas.

El objetivo del trabajo fue determinar con qué arreglo espacial se obtiene el mejor establecimiento y acumulación de biomasa de mijo perla en ambientes halo-hidromórficos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se sembró en las cercanías de la localidad de Saira, en el sudeste de Córdoba el 04-11-08 y finalizó el 20-03-09 posterior al segundo corte de biomasa. Este tuvo lugar en un suelo sódico (tabla 1), capacidad de uso VI-ws con presencia de una napa freática fluctuante cercana a la zona de crecimiento de raíces.

Las condiciones climáticas en cuanto a temperaturas y precipitaciones durante el periodo de evaluación registraron temperaturas medias diarias más elevadas que la media histórica, sobre todo en los meses de noviembre y marzo, con el promedio general durante el periodo de evaluación cercano a los 23 °C.

En cuanto a las lluvias también presentaron diferencias apreciables, siendo un 25% menores respecto de las medias históricas para el mismo periodo acumulando durante todo el ensayo 540 mm. Sin embargo, en los meses de diciembre donde históricamente llueve aproximadamente 4 veces y media más de lo que llovió para dicho mes en el año del ensayo se halló el mayor déficit (figura 1).

El componente freático, durante el tiempo que duró el ensayo, fluctuó entre los 40 y 140 cm (figura 1), desconociendo la salinidad de este. Los procesos de carga y descarga de la napa freática fueron coincidentes con el régimen de precipitaciones.

Determinación	Valor
pH (1:2,5)	6,82
Conductividad eléctrica (dS.m ⁻¹ 1:2,5)	0,95
Sulfatos (1:2,5)	380,40
Capacidad de intercambio catiónico (meq/100 g)	13,22
Sodio intercambiable (meq/100 g)	4,59
Potasio intercambiable (meq/100 g)	1,53
Calcio intercambiable (meq/100 g)	4,60
Magnesio intercambiable (meq/100 g)	1,53
Suma de bases (meq/100 g)	12,25
PSI (%)	34,74

Tabla 1. Análisis de suelo a una profundidad de 0-20 cm.

Los tratamientos constaron de la combinación factorial de dos distanciamientos entre hileras (20 y 40 cm) y cuatro densidades de siembra (6, 12, 18 y 24 kg.ha⁻¹), lo que representó aproximadamente 75, 150, 225 y 300 semillas.m⁻², respectivamente, obteniendo una eficiencia de implantación promedio del 50%. Sembradas en parcelas de 10,5 m² en siembra directa. El diseño experimental utilizado fue un DBCA con 4 repeticiones.

Se realizaron mediciones no destructivas durante el periodo de implantación, se efectuó el conteo de plántulas en tres surcos diferentes de 1 metro lineal cada evaluación, medidas en dos ocasiones a los 230 y 460°Cd después de la siembra.

Adicionalmente se calculó la demografía de individuos, a partir de los individuos aparecidos menos los muertos, con el objetivo de evaluar la competencia intraespecífica de los diferentes tratamientos.

Durante el periodo experimental el cultivo presentó dos acumulaciones de biomasa en donde se realizaron mediciones destructivas cortando a una altura de 7 cm a los 750 y 1450°Cd acumulados después de la siembra para el primer y segundo crecimiento, respectivamente.

Las variables medidas fueron rendimiento de materia seca y sus componentes (densidad y peso de macollos) al momento de cada uno de los cortes para lo cual se tomó una submuestra representativa, se contaron los macollos y posteriormente se determinó el peso promedio de estos.

Posteriormente se llevó la muestra es estufa a 60 °C hasta peso constante para determinar el porcentaje de materia seca.

El conjunto de variables fue analizado con un ANVA, utilizando el procedimiento MIXED del SAS. Para la comparación de medias se utilizó la prueba DMS Fisher (P<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las primeras etapas de establecimiento temprano (considerado hasta los 460°Cd desde la siembra) se observó que el número de plántulas no difirió significativamente entre los distintos espaciamientos entre surcos en ninguno de los dos momentos de evaluación (tabla 2).

Para el mismo periodo se hallaron diferencias significativas entre las distintas densidades de siembra, logrando un establecimiento de plántulas aproximadamente 130 y 220% mayor con las densidades de 18 y 24 kg.ha⁻¹ respectivamente, en comparación con las menores densidades de siembra para ambas fechas de medición.

En cuanto a la interacción distanciamiento entre surcos por densidad de siembra no se encontraron diferencias significativas durante estas primeras etapas de crecimiento.

Los requerimientos hídricos, nutricionales y lumínicos de las plántulas durante las primeras etapas de crecimiento aparentemente no limitaron la implantación del mijo perla debido a que estos no son determinantes durante las primeras etapas de establecimiento y crecimiento, incluso en ambientes en donde no abundan (Lloret *et al.*, 1999).

Durante las primeras etapas de crecimiento se encontró una relación directa entre la densidad de siembra y la densidad de plántulas logradas, hallando un incremento

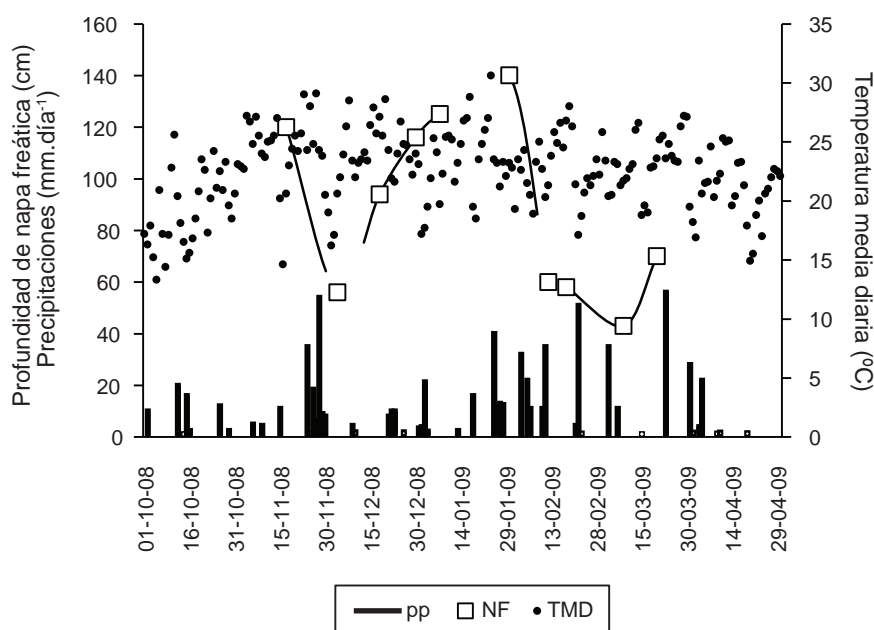


Figura 1. Evolución de la napa freática (cm □), las precipitaciones (mm.día⁻¹ ■) y las temperaturas medias diarias (°C ●) para el periodo del ensayo.

Tratamiento	Distancia entre hileras		Densidad de siembra				Interacción Dist.xDens.
	20 cm	40 cm	6 kg.ha ⁻¹	12 kg.ha ⁻¹	18 kg.ha ⁻¹	24 kg.ha ⁻¹	
17-11-08 (230°Cd)	77-ns	99-ns	31-a	59-a	106-b	158-c	ns
04-12-08 (460°Cd)	58-ns	68-ns	24-a	43-a	78-b	106-c	ns

Tabla 2. Densidad de plantas (plantas.m²) en función del distanciamiento entre hileras y de la densidad de siembra durante el establecimiento de mijo perla (*Pennisetum glaucum*).

de aproximadamente 7 plántulas.m² por cada kilo.ha⁻¹ de aumento en la densidad de siembra para el primer conteo, mientras que para el segundo conteo esta relación disminuyó a 4,7 plántulas.m² (figura 2). Dicha disminución pudo estar asociada a la competencia intraespecífica dada a partir de incrementos en la densidad de siembra (Harper, 1977; Gardner *et al.*, 1985; Bullock, 1996; Skinner, 2005), condicionada por el incremento de individuos dentro de la misma línea de siembra o, visto de otra manera, por la disminución del espaciamiento entre ellos dentro del surco.

Así se pudo observar cómo disminuyó la demografía poblacional con el incremento de la densidad de siembra, hallando una caída aproximada de un 1% en la demografía por cada 2 kg.ha⁻¹ de incremento en la densidad de siembra (figura 2).

La competencia intraespecífica fue más importante a medida que se incrementó la densidad y en la medida que

las plantas presentaron un mayor tamaño y por ende una mayor demanda de luz, agua y nutrientes (Harper, 1977; Hodgson, 1990; Bullock, 1996), observando una relación directa entre la disminución de la densidad de individuos y la densidad de siembra, evidenciando limitantes en los recursos disponibles para mantener vivos al número de individuos, del tamaño alcanzado entre los 400 y 500°Cd.

En cuanto a las acumulaciones de biomasa, los tratamientos sembrados a 40 cm entre surco presentaron valores un 57 y 44% mayores que los sembrados a 20 cm para la primera y segunda acumulación, respectivamente (tabla 3).

En la primera acumulación de biomasa, estas diferencias fueron explicadas por ambos componentes de rendimiento, mientras que en la segunda, los tratamientos sembrados a 40 cm presentaron macollos 35% más pesados que los sembrados a 20 cm sin hallar diferencias en la densidad de estos.

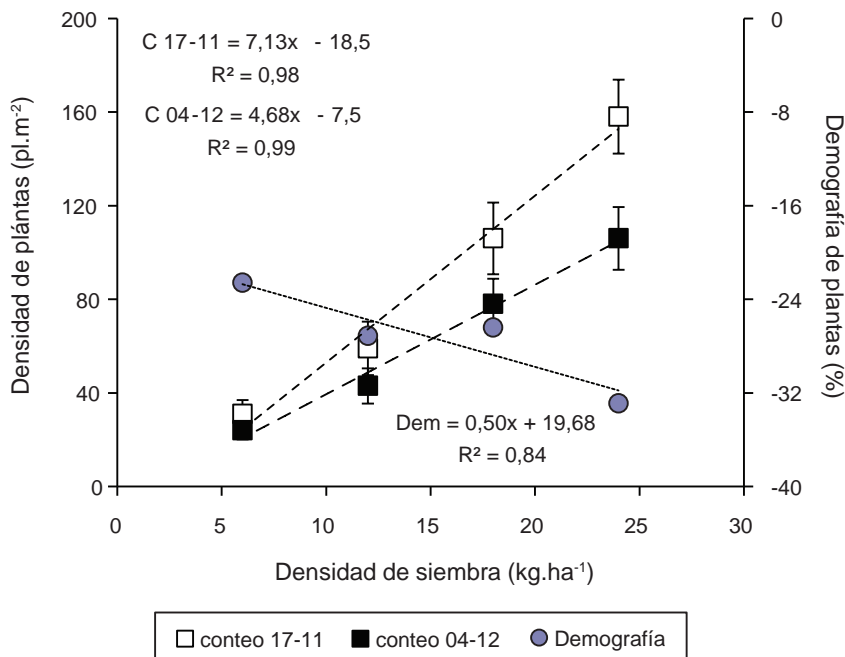


Figura 2. Relación entre la densidad de siembra (kg.ha⁻¹) de mijo perla (*Pennisetum glaucum*), la densidad de plantas establecidas (pl.m²) para dos momentos de muestreo (17-11 □ y 04-12 ■) y la demografía de individuos (○) entre ambos muestreos.

Tratamiento	Biomasa	N.º de macollos	Peso de macollos	Biomasa	N.º de macollos	Peso de macollos	Biomasa Total
	(gMS.m ⁻²)	(macollos.m ⁻²)	(g.macollo ⁻¹)	(gMS.m ⁻²)	(macollos.m ⁻²)	(g.macollo ⁻¹)	(gMS.m ⁻²)
Distancia entre hileras	Fecha de corte 30-01-09 (± 750°Cd)			Fecha de corte 20-03-09 (± 1450°Cd)			
20 cm	237,3-a	99-a	2,38-a	192,7-a	47-ns	4,26-a	430,0-a
40 cm	371,5-b	122-b	3,08-b	277,7-b	51-ns	5,75-b	649,3-b
Densidad de siembra	Fecha de corte 30-01-09 (± 750°Cd)			Fecha de corte 20-03-09 (± 1450°Cd)			
6 kg.ha ⁻¹	240-ns	77-a	2,58-ns	215-ns	41-ns	4,41-ns	455,9-ns
12 kg.ha ⁻¹	288-ns	107-ab	2,65-ns	234-ns	48-ns	5,10-ns	522,0-ns
18 kg.ha ⁻¹	343-ns	129-b	2,66-ns	246-ns	52-ns	5,19-ns	589,4-ns
24 kg.ha ⁻¹	345-ns	129-b	3,03-ns	246-ns	55-ns	5,30-ns	591,3-ns
Interacción Dist. x Dens.	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Tabla 3. Biomasa acumulada y componentes en función del distanciamiento entre hileras y de la densidad de siembra durante el establecimiento de mijo perla (*Pennisetum glaucum*).

El no haber hallado diferencias en la densidad de macollos en la segunda acumulación de biomasa pudo deberse a una reducción general del número de macollos del primer crecimiento al segundo, asociado al primer corte, donde probablemente muchos de los macollos elevaron el ápice de crecimiento siendo decapitados y no pudiendo rebrotar (Chapman y Lemaire 1993; Matthew *et al.*, 2000; Sbrissia *et al.*, 2010), dejando a ambas situaciones independientemente del distanciamiento entre hileras y la densidad de siembra, con similar densidad de macollos para comenzar el segundo crecimiento, modificando solamente el tamaño de estos (Chapman y Lemaire 1993; Matthew *et al.*, 2000).

Esta reducción en el número de individuos podría ser atemperada mediante el adelanto en el tiempo del corte o pastoreo, incrementando el número de aprovechamientos.

No se hallaron diferencias significativas en la acumulación de biomasa ni en el peso de macollos entre las distintas densidades de siembra utilizadas para ninguna de las dos acumulaciones, sí en densidad de macollos, los cuales aumentaron con la densidad de siembra durante la primera, pero dicho efecto se diluyó en la segunda acumulación (tabla 3).

Las diferencias observadas entre las densidades de siembra durante las primeras etapas de crecimiento (hasta los 450°Cd desde la siembra, aproximadamente) dejaron de visualizarse en las acumulaciones de biomasa, lo cual pudo estar asociado a la capacidad macolladora de la especie (Hodgson, 1990; Chopra y Chopra, 1997), y a la compensación de tamaño y densidad de individuos que se dio en ambas acumulaciones (Hodgson, 1990; Bullock, 1996) igualando los valores de biomasa acumulada.

La intercepción de radiación y la eficiencia de conversión están directamente asociadas con el crecimiento del cultivo (Auld *et al.*, 1983; Wells, 1993), encontrando especies

con escasa regulación del área foliar y, por ende, menor intercepción de radiación, en donde la densidad de siembra juega un rol de mayor importancia (por ej. maíz), que en otras en donde a partir de la ramificación pueden compensar la intercepción de radiación (por ej. soja) (Valentinuz, 1996; Vega y Andrade 2000). Así, la capacidad macolladora de mijo perla pudo darle una mayor plasticidad fenotípica pudiendo compensar situaciones de baja densidad de siembra.

En cuanto a la interacción distanciamiento entre surcos por densidad de siembra, no se encontraron diferencias significativas para los parámetros evaluados en ninguna de las dos acumulaciones de biomasa.

Durante la primera acumulación de biomasa se observaron incrementos en la densidad de macollos a partir del aumento de la densidad de siembra, hasta alcanzar valores de 12 kg.ha⁻¹ de mijo perla para esta última, logrando valores promedios superiores a los 120 macollos.m⁻² y hallando una meseta en la densidad de macollos con densidades de siembra superiores.

El incremento de la densidad de siembra generó una reducción en la densidad promedio de macollos por planta, hallando una relación negativa en donde por cada 9 kg.ha⁻¹ de incremento en la densidad de siembra se observó una disminución promedio de un macollo por planta (figura 3). El rango de valores hallados fue similar al encontrado en otros trabajos (Chopra y Chopra, 1997), mostrando una gran plasticidad fenotípica en función de la disponibilidad de recursos.

La relación entre la disponibilidad de recursos y el número de individuos hace que se modifiquen los componentes de rendimiento, en este caso los que conforman la biomasa acumulada (Barbieri *et al.*, 2000; Maddoni y Otegui, 2003). Así, el incremento de las densidades de siembra

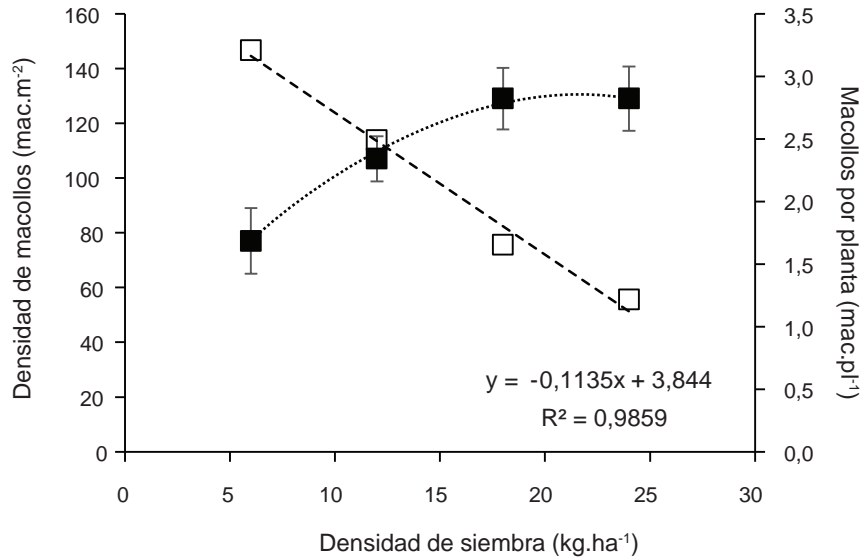


Figura 3. Densidad de macollos por unidad de superficie (macollos.m⁻² ■) y por planta (macollos.pl⁻¹ □) en función de la densidad de siembra para la primer acumulación de biomasa de mijo perla (*Pennisetum glaucum*) (30-01-09 aproximadamente 750°Cd).

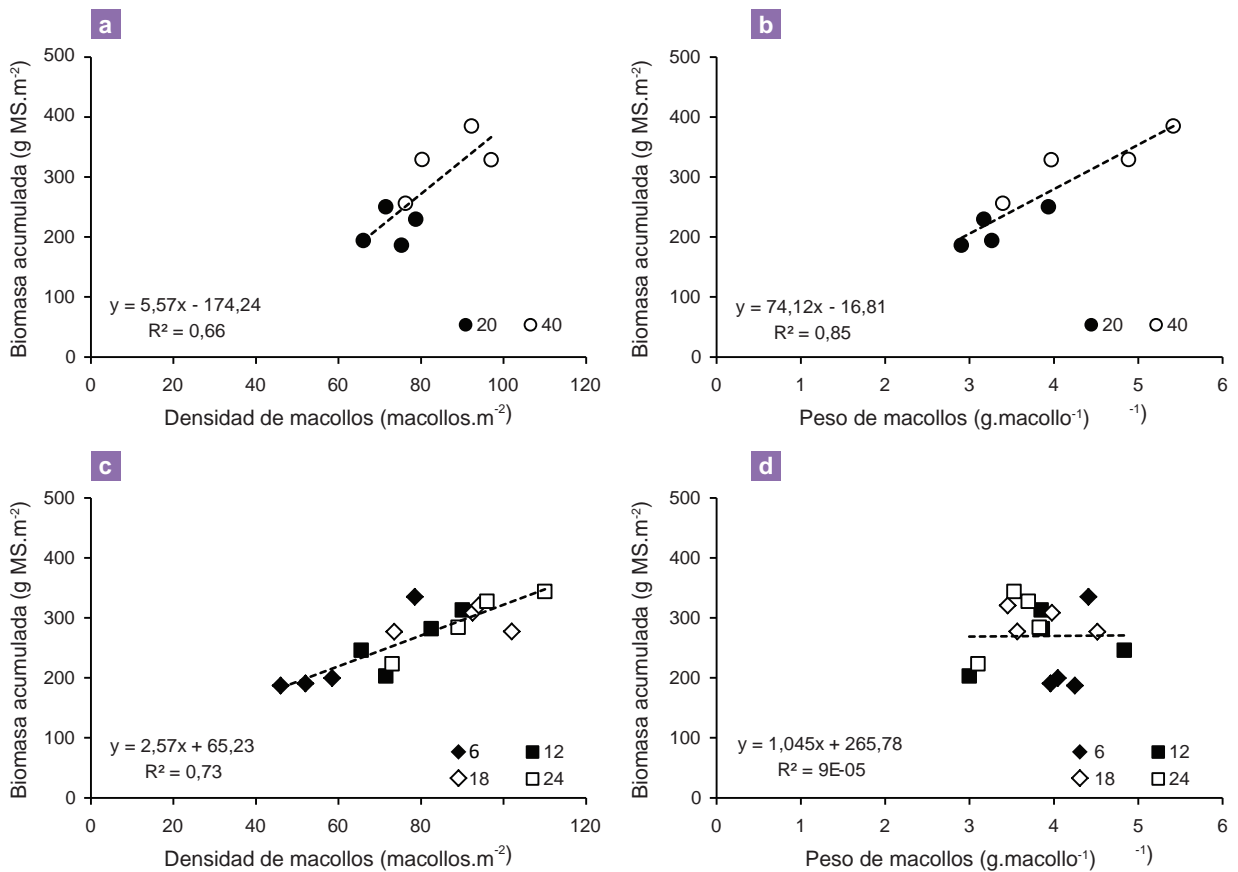


Figura 4. Relación entre los componentes de rendimiento (densidad y peso de macollos) y la biomasa acumulada a partir de modificaciones en el espaciamiento entre hileras (a y b, 20 cm ● y 40 cm ○) y la densidad de siembra (c y d, 6 ◆, 12 ■, 18 ◇ y 24 □ kg.ha⁻¹) de mijo perla (*Pennisetum glaucum*) para la primer acumulación de biomasa (30-01-09 aproximadamente 750°Cd).

solamente se vio plasmado en la densidad de macollos, en donde se hallaron diferencias representativas generando una reducción significativa en el número promedio de macollos por planta, probablemente asociado al fenómeno de denso-dependencia (Hodgson, 1990; Bullock, 1996).

Adicionalmente, se pudo observar en las relaciones que asocian a los componentes de rendimiento (peso y densidad de individuos) con la biomasa acumulada, durante la primera acumulación (hasta los 750°Cd aproximadamente), que cuando se modificó el espaciamiento entre hileras se encontraron asociaciones positivas tanto para la densidad de individuos (figura 4a) como para el peso de estos (figura 4b), hallando que por cada aumento en una unidad en la densidad de macollos o en el peso de estos la biomasa se vio incrementada en 5,6 y 74,1 g MS.m⁻², respectivamente.

Adicionalmente, se observó que aquellos tratamientos sembrados a 20 cm entre hileras presentaron menor densidad y peso de macollos, lo cual conllevó a acumular menor cantidad de biomasa, respecto de los sembrados a una distancia de 40 cm entre hileras.

Cuando se evaluó la misma relación entre los componentes de rendimiento y la biomasa acumulada para las diferentes densidades de siembra utilizadas se halló una relación positiva en la densidad de macollos, encontrando una pendiente menor a la hallada para los diferentes espaciamientos y presentando un incremento de 2,6 g MS.m⁻² en la biomasa por cada punto de aumento en la densidad de individuos, pero no se hallaron diferencias significativas entre las distintas densidades de siembra utilizadas (figura 4c).

Por último, no se halló ninguna relación entre el peso de macollos y la biomasa acumulada para las diferentes densidades de siembra (figura 4d).

De esta manera, la asociación entre el arreglo espacial (a partir de las diferentes combinaciones entre densidades de siembra y el distanciamiento entre hileras) y el crecimiento está íntimamente relacionada con la captura de recursos (agua, luz y nutrientes), los cuales, en la mayoría de los trabajos realizados sobre el tema, presentan la disponibilidad hídrica y nutricional cubiertas, basándose principalmente en la evaluación de la competencia lumínica (Tetio-Kagho y Gardner, 1988; Teasdale, 1995; Flénet *et al.*, 1996; Andrade *et al.*, 2002; Calviño *et al.*, 2004; Valentinuz y Tollenaar, 2006).

En los ambientes halo-hidromórficos, por lo general, el agua es una limitante por exceso, generada por una deficiente infiltración provocando anegamientos temporarios, o por defecto, asociada a una pobre retención edáfica o a la excesiva concentración salina, en donde el agua está presente, pero no disponible debido al efecto osmótico dado por las sales (Hagemeyer y Waisel, 1989; Lea-Cox y Syvertsen, 1993; Moya *et al.*, 1999; Munns, 2002), generando, en cualquiera de los dos casos, situaciones de estrés en las plantas.

Adicionalmente, estos ambientes tienen una baja disponibilidad de nutrientes porque están poco presentes en el perfil sumado a las limitantes edáficas físicas y químicas que impiden el acceso por parte de la planta (Aslam *et al.*, 1984; Barbieri y Echeverría, 2003).

Así, en los suelos halo-hidromórficos habitualmente la disponibilidad hídrica y la nutricional suelen ser las limitantes, encontrando mejor respuesta en la biomasa acumulada y sus componentes en aquellos tratamientos de mayor distanciamiento entre surcos, en donde el acercamiento pudo estar asociado a un consumo anticipado de los recursos escasamente disponibles (agua y nutrientes), mientras que aquellos tratamientos sembrados a 40 cm entre surco probablemente demoraron más tiempo en llegar a los recursos ubicados en el entresurco, pudiendo ser más conservadores en la utilización de estos (Callaway, 1995; Brooker, 2006).

Por ello, cuando se encuentran inconsistencias en la respuesta vegetal a partir de la utilización de diferentes arreglos espaciales generados en función de las densidades de siembra o espaciamientos entre surcos, probablemente es porque no se están teniendo en cuenta las condiciones ambientales o la disponibilidad de recursos a la cual son sometidos, haciendo foco en la competencia lumínica y descuidando la disponibilidad hídrica y nutricional del ambiente.

De esta manera, en ambientes con limitantes halo-hidromórficos el distanciamiento entre surcos jugaría un rol de suma importancia, ya que los beneficios de siembras más densas se plasmaron solo en una mayor densidad de individuos durante el establecimiento y primera acumulación diluyéndose posteriormente, mientras que las diferencias entre distanciamientos entre surcos no pudieron detectarse durante el establecimiento, presentando luego los tratamientos con mayor distanciamiento mayor biomasa acumulada y peso de sus componentes, siendo el espaciamiento entre hileras un factor determinante para la regulación de la accesibilidad de los recursos en este tipo de ambientes, y por ende para lograr mayor estabilidad de los rendimientos.

CONCLUSIONES

El incremento en la densidad de siembra de mijo perla aumentó la densidad de individuos (plantas.m⁻²) hasta densidades de 18 kg.ha⁻¹, durante el establecimiento temprano (450°Cd), diluyéndose hacia la primera acumulación (750°Cd) y hallando una meseta en la densidad de macollos con densidades de siembra de 12 kg.ha⁻¹; sin embargo no se encontraron diferencias entre las densidades utilizadas en la segunda acumulación (1450°Cd).

No se encontraron diferencias durante el crecimiento temprano en el tamaño de individuos o en la biomasa acumulada entre las diferentes densidades de siembra utilizadas como tampoco se hallaron diferencias en la densidad de plantas en el establecimiento temprano para los diferentes espaciamientos entre hileras.

Posteriormente, en ambas acumulaciones se encontró una relación directa entre el espaciamiento entre hileras y la acumulación de biomasa y el peso de sus componentes de rendimiento (densidad y peso de macollos). Aquellos tratamientos sembrados a mayor distancia entre hileras (40 cm) presentaron mayor biomasa acumulada, densidad

y peso de individuos respecto de aquellos sembrados con menor espaciamento (20 cm), aunque no es recomendable para mijo perla reducir el espaciamento entre hileras en ambientes con limitantes hídricas y salinas.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F.H.; CALVIÑO, P.A.; CIRILO, A.; BARBIERI, O. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 94: 975-980.
- ASLAM, H.; HUFFAKERY, R.C.; RAINS, D.W. 1984. Early effects of salinity on nitrate assimilation in barley seedlings. *Plant Physiol.* 76: 321-325.
- AULD, B.; KEMP, D.; MEDD, R. 1983. The Influence of spatial arrangement on grain yield of wheat. *Crop & Pasture Science.* 34: 99-108.
- BARBIERI, P.A.; ROZAS, H.; ANDRADE, F.H.; ECHEVERRÍA, H. 2000. Row spacing effects at different levels of nitrogen availability in maize. *Agronomy Journal* 92:283-288.
- BARBIERI, P.A.; ECHEVERRÍA, H.E. 2003. Evolución de las pérdidas de amoníaco desde urea aplicada en otoño y primavera a una pastura de agropiro alargado (*Thinopyrum ponticum*). *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*, 32(1).
- BROOKER, R.W. 2006. Plant-plant interactions and environmental change. *New Phytologist* 171 (2): 271-284 (14).
- BULLOCK, J.M. 1996. Plant competition and population dynamics. *The ecology and management of grazing systems*, 69-100.
- CALLAWAY, R.M. 1995. Positive interactions among plants. *Bot. Rev.* 61: 306-349.
- CALVIÑO, P.; SADRAS, V.; REDOLATTI, M.; CANEPA, M. 2004. Yield responses to narrow rows as related to interception of radiation and water deficit in sunflower hybrids of varying cycle *Field Crops Research* 88: 261-267.
- CHAPMAN, D.F.; LEMAIRE, G. 1993. Morphogenetic and structural determinants of plant regrowth after defoliation. *Proc. XVII International Grassland Congress*. Palmerston North, Nueva Zelanda. 95-104 pp.
- CHOPRA, N.K.; CHOPRA, N. 1997. Performance of pearl millet genotypes at different salinity levels in western Rajasthan. *Annals of Arid Zone*, 36(4), 391-393.
- DUNCAN, W.G. 1984. A theory to explain the relationship between corn population and grain yield. *Crop Science* 24:1141-1145.
- DUNCAN, W.G. 1986. Planting patterns and soybean yields. *Crop Science* 26: 584-588.
- EGLI, D.B. 1994. Mechanisms Responsible for Soybean Yield Response to Equidistant Planting Patterns. *Agronomy Journal* 86:1046-1049.
- FLENET, F.; KINIRY, J.R.; BOARD, E.; WESTGATE, M.E.; REICOSKY, D.C. 1996. Row spacing effects on light extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. *Agronomy Journal* 88: 185-190.
- GARDNER, F.P.; BRENT PEARCE, R.; MITCHEL, R.L. 1985. Carbon fixation by crop canopies. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press. 31-57 pp.
- GORGAS, J.; BUSTOS, M. 2008. Dinámica y evaluación de los suelos de Córdoba con problemas de drenaje, salinidad y alcalinidad. En: TALEISNIK, E.; GRUNBERG, K.; SANTA MARÍA, G. (ed.). *La salinización de suelos en la Argentina: su impacto en la producción agropecuaria*. 47-62 pp.
- HAGEMeyer, J.; WAISEL, Y. 1989. Influence of NaCl, Cd (NO₃)₂ and air humidity on transpiration of *Tamarixaphylla*. *Physiol. Plant.* 75: 280-284.
- HARPER, J.L. 1977. *Population Biology of Plants*. Academic Press, EE. UU. 892 pp.
- HODGSON, J. 1990. *Grazing management. Science into practice*. Longman Group UK Ltd.
- HOFF, D.J.; MEDERSKI, H.J. 1960. Effect of equidistant corn plant spacing on yield *Agronomy Journal* 52: 295-297.
- KRAMER, P.J. 1980. Drought, stress and the origin of adaptations. En: TURNER, N.C. KRAMER, P.J. (eds.). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley and Sons, Nueva York. 7-20 pp.
- LEA-COX, J.D.; SYVERTSEN, J.P. 1993. Salinity reduces water use and nitrate-N use efficiency of citrus. *Ann. Bot.* 72: 47-54.
- LOWENBERG-DEBOER, J.; KRAUSE, M.; DEUSON, R.; REDDY, K.C. 1991. Simulation of yield distributions in millet-cowpea intercropping. *Agric. Sys.* 36:471-487.
- LLORET, F.; CASANOVAS, C.; PEÑUELAS, J. 1999. Seedling survival of Mediterranean shrubland species in relation to root: shoot ratio, seed size and water and nitrogen use. *Functional Ecology*, 13(2), 210-216.
- MADDONNI, G.A.; OTEGUI, M.E. 2004. Intra-specific competition in maize: early establishment of hierarchies among plants affects final kernel set. *Field Crops Research* 85.1: 1-13.
- MAITI, R.; LÓPEZ, D. 1995. El Mijo Perla. Su adaptación y productividad. Ed. Trillas. México, D. F. 139 p.
- MAITI, R.; RODRÍGUEZ, H.G. 2010. Pearl millet: potential alternative for grain and forage for livestock in semi-arid regions of Mexico. *Int J Bio-Res Stress Manage*, 1(1), 45-47.
- MATTHEW, C.; ASSUERO, S.G.; BLACK, C.K.; SACKVILLE HAMILTON, N.R. 2000. Tiller dynamics of grazed swards. En: LEMAIRE, G.; HODGSON, J.; MORAES, A.; NABINGER, C.; CARVALHO, P.C. (ed.). *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*, 127-150.
- MOYA, J.L.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. 1999. Morphological factors determining salt tolerance in citrus seedlings: the shoot to root ratio modulates passive root uptake of chloride ion and their accumulation in leaves. *Plant, Cell Environ.* 22:1425-1433.
- MUNNS, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell & Environment* 25 (2): 239-250.
- MUNNS, R.; JAMES, R.A. 2003. Screening methods for salinity tolerance: a case study with tetraploid wheat. *Plant and soil*, 253(1), 201-218.
- PARSONS, A.J. 1988. The effects of season and management on the growth of grass swards. En: JONES, M.B.; LAZENBY, A. (ed). *The grass crop: The physiological basis of production*. Chapman and Hall. 129-178 pp.
- PRAAT, J.P. 1995. Row spacing and seeding rate interactions in perennial ryegrass and tall fescue swards established by direct drilling (no tillage). Tesis Ph.D. Massey University. Palmerston North. Nueva Zelanda. 278p.
- RUIZ VEGA, J.; CARRILLO RODRÍGUEZ, J.C. 2005. Selección de cultivares forrajeros de sorgo (*Sorghum bicolor*) y mijo (*Pennisetum americanum*) por índices de eficiencia de producción y calidad. *Agronomía Mesoamericana*, 16(2).
- SBRISSIA, A.F.; DA SILVA, S.C.; SARMENTO, D.O.; MOLAN, L.K.; ANDRADE, F.M.; GONÇALVES, A.C.; LUPINACCI, A.V. 2010. Tilling dynamics in palisadegrass swards continuously stocked by cattle. *Plant Ecology*, 206(2), 349-359.
- SCHENEITER, O. 2007. Implantación de pasturas en suelos ganaderos. En Curso "Como optimizar la producción y utilización forrajera en suelos ganaderos". Pergamino. 54-62 pp.
- SHARRATT, B.S.; MCWILLIAMS, D.A. 2005. Microclimatic and rooting characteristics of narrow-row versus conventional-row Corn. *Agronomy Journal* 97:1129-1135.

- SKINNER, R.H. 2005. Emergence and survival of pasture species sown in monocultures or mixtures. *Agronomy Journal* 97: 799-805.
- STEINER, J.L. 1986. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth response to planting geometry. *Agronomy Journal* 78 (4): 720-726.
- TABOADA, M.A.; RUBIO, G.; LAVADO, R.S. 1998. The deterioration of tall wheatgrass pasture on saline sodis soils. *Journal of Range Management*, 51: 241-246.
- TAPIA, M. 1985. Cultivos de alternativa: Una posible solución al problema de la sequía en la Mixteca Oaxaqueña. Tesis de licenciatura. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo. 130 p.
- TEASDALE, J.R. 1995. Influence of narrow row/high population corn (*Zea mays*) on weed control and light transmittance. *Weed Technology* 9 (1): 113-118.
- TETIO-KAGHO, F.; GARDNER, F.P. 1988. Responses of maize to plant population density. I. Canopy development, light relationships, and vegetative growth. *Agronomy Journal* 80:930-935.
- TURNER, N.C.; JONES, M. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: A review and evaluation. En: TURNER, N.C.; KRAMER, P.J. (eds.). *Adaptation of plants to water and high temperature stress*. John Wiley and Sons. Nueva York. 57-103 pp.
- VALENTINUZ, O.R. 1996. Crecimiento y rendimiento comparados de girasol, maíz y soja ante cambios en la densidad de plantas. (Doctoral dissertation, M. Sc. Thesis. UNMdP, Balcarce).
- VALENTINUZ, O.R.; TOLLENAAR, M. 2006. Effect of genotype, nitrogen, plant density, and row spacing on the area-per-leaf profile in maize. *Agronomy Journal* 98: 94-99.
- VEGA, C.R.; ANDRADE, F.H. 2000. Densidad de plantas y espaciado entre hileras. Bases para el manejo del maíz, girasol y la soja. Balcarce: EEA Balcarce INTA, FCA, UNMdP, 97-133.
- WEIR, E. 2000. Mapas de suelos: inventario de la superficie ocupada por suelos halomórficos. Manual de técnicas de manejo de campos afectados por inundaciones, 7-8.
- WELLS, R. 1993. Dynamics of soybean growth in variable planting patterns. *Agronomy Journal*, 85(1), 44-48.