

Producción de **biomasa** de sorgo forrajero en regadíos del valle del Ebro

J. Lloveras, A. López Fernández, M. Bagà, J. A. Betbese, A. López Querol • Centro Universitat de Lleida (UdL)-IRTA.

El sorgo forrajero, el pasto del Sudán y sus híbridos cultivados en España, pertenecen en su mayor parte, a la especie *Sorghum bicolor* L., se dedican principalmente a la producción de forraje y producen elevadas producciones de biomasa dependiendo del estado fenológico y del número de cortes (Belletti et al., 1991; Borràs et al., 2002; Serra et al., 2002).

Los sorgos forrajeros pueden ser cultivos válidos para la obtención de biomasa en regadío, con producciones del orden de 25-35 t/ha de materia seca, en función del número de cortes, variedad, fertilidad del suelo y año

Su cultivo está poco extendido en España con unas superficies medias de unas 5.400 ha de las cuales 4.300 están en las provincias de Barcelona y Gerona en zonas donde, por sus características climáticas estos forrajes no se riegan (MAPA, 2004).

Sin embargo, estos cultivos puede ser una alternativa interesante para la producción de biomasa (Belletti et al., 1991) en zonas donde las dotaciones de agua de riego pueden ser limitadas ya que tienen una mayor eficiencia hídrica que el maíz y necesitan unas temperaturas más elevadas para su desarrollo.

Metodología

En este artículo se presentan los resultados de ocho ensayos de variedades llevados a cabo en Palau d'Anglesola (1993-1996) y en Gimennells (1998-2001), junto con dos ensayos de frecuencia de corte realizados también en Gimennells (1996 y 1997). La mayor parte de estos ensayos formaban parte de la red de ensayos del registro de variedades del INIA.

Los ensayos tuvieron un diseño estadístico en bloques al azar con cuatro repeticiones, con un tamaño de parcela de entre diez y 18 m² según el ensayo. Las variedades se sembraron en cuatro líneas separadas 30 cm, con un ancho de parcela de 1.20 m, siendo la densidad de siembra de unos 35 kg/ha, excepto algunas variedades que por su menor tamaño de semilla se sembraron a 25 kg/ha.

En los ensayos de variedades todas ellas se segaron el mismo día y generalmente estaban todas ellas en plena floración, al menos en el primer corte. En los ensayos de frecuencia de corte, los cortes se efectuaron de manera que pudieran darse, según el tratamiento tres o cuatro cortes por año.

En los ensayos de variedades todas las variedades se segaron el mismo día y se dieron dos cortes por ciclo, en todos los años, el primero en plena floración y el segundo entre 60-75 días después del primero, en función del año, aunque muchas variedades no llegaron a florecer en el segundo corte. En el año 1999 se dieron tres cortes.

En los ensayos de frecuencia de corte los tratamientos se efectuaron antes de floración y de manera que pudieran darse, según el tratamiento tres y cuatro cortes por año. Las variables que se determinaron en todos los ensayos fueron: biomasa verde y seca, contenido de materia seca y altura de planta.

En la **tabla 1** se presentan las fechas de siembra, fechas de corte, abonados y aplicaciones de herbicidas de los ensayos de variedades y la **tabla 2** contiene la misma información pero de los ensayos de frecuencia de corte.

El conjunto de las variedades ensayadas fueron las siguientes:

- Pasto del Sudán: Trudex .
- Sorgo forrajero: Beefbuilder, P-947 (sorgo x sorgo) P-841F (sorgo x sorgo).
- Híbridos de sorgo x Pasto del Sudán: Grazer,



Tabla 1

Ensayos de variedades. Fechas de siembra y de corte, días entre siembra y primer corte, y entre el primer corte y el segundo y abonados y aplicaciones de herbicida

	Palau d'Anglesola				Gimenells			
	1993	1994	1995	1996	1998	1999	2000	2001
Fecha de siembra	24/5/93	3/5/94	8/5/95	15/5/96	5/5/98	23/4/99	17/4/00	10/4/00
Fecha 1 ^{er} corte	5/8/93	4/8/94	9/8/95	29/7/96	10/7/98	12/7/99	4/7/00	1/8/01
Fecha 2 ^{do} corte	20/10/93	19/10/94	9/10/95	10/10/96	28/9/98	17/8/99	1/9/00	1/10/01
Días entre siembra y 1 ^{er} corte	73	93	93	75	66	80	78	113
Días entre el 1 ^{er} y el 2 ^{do} corte	76	76	61	73	80	35	59	61
Abonado (kg/ha N-P ₂ O ₅ - K ₂ O)	60-50-100	150-150-150	240-150-150	187-187-187	180-96-240	192-192-192	140-100-200	333-225-225
Herbicidas	Atrazina (47.5%) 3 l/ha	Alacloro (35%) + Atrazina (20%) 6 l/ha	Alacloro (35%) + Atrazina (20%) 6 l/ha	Alacloro (48%) 4 l/ha	Terbutrina 25% + Atrazina 25% 2.5 l/ha	Simazina 2,5 l/ha	Terbutrina 25% + Atrazina 25% 2.5 l/ha	Beltrazina líquida 3 l/ha

Cowpow, FP-5, Haydan, Speedfed, Tuareg, PAC-8273, Endre, Gardaván, Andrés, Avangard, 923033, Digestivo, SF2003, Nutrihoney, Sirius, Redomon i Banyoles.

En los ensayos de frecuencia de corte se utilizaron las variedades híbridas Cowpow y Grazer y las de pasto del Sudán, Piper y P-947.

Tabla 2

Ensayos de frecuencia de corte. Fechas de siembra y de corte. Abonados y herbicidas

Fecha de siembra	16/5/1996	23/4/1997
Nº de cortes	3 4	3 4
Fecha 1 ^{er} corte	18/7 12/7	23/6 16/6
Fecha 2 ^{do} corte	23/8 16/8	28/7 17/7
Fecha 3 ^{er} corte	18/10 18/9	13/10 18/8
Fecha 4 ^{to} corte	- 18/10	- 13/10
Días entre siembra y 1 ^{er} corte	63 57	61 54
Días entre el 1 ^{er} y el 2 ^{do} corte	36 36	35 31
Días entre el 2 ^{do} y el 3 ^{er} corte	56 33	77 32
Días entre el 3 ^{er} y el 4 ^{to} corte	- 30	- 56
Abonado (kg/ha N-P ₂ O ₅ - K ₂ O)	150-100-100	150-150-150
Herbicidas	Atrazina (47.5%), 3 l/ha	Alacloro (35%)+ Atrazina (20%) 6 l/ha

cortes en vez de los dos habituales y la producción podría haber resultado afectada.

En ensayos llevados a cabo en regadío en zonas más templadas que las nuestras, en la provincia de Gerona, se obtuvieron producciones de biomasa seca de unos 30 t/ha (Serra et al., 2002), mientras que en los ensayos de maíz en Lleida, en la misma zona de los ensayos, las producciones habituales de biomasa seca suelen ser del

Resultados

Ensayos de variedades

En las tablas 3 y 4 se presentan los resultados de producción de biomasa en verde y en materia seca de las variedades ensayadas. Estos resultados dan una idea de las producciones de biomasa que se pueden obtener en nuestras zonas de regadío con las variedades actualmente en el mercado y que son del orden de unas 20 a 35 t/ha de materia seca, si bien hay que tener presente que las producciones de nuestros ensayos suelen ser algo superiores a las de un campo comercial, debido al tamaño de nuestras parcelas y el consiguiente efecto borde. En algún año, algunas variedades superaron las 40 t/ha de biomasa seca y en el ensayo del año 1999, aunque las producciones medias de biomasa fueron elevadas (28,8 t/ha de biomasa seca), podrían haber sido incluso superiores ya que en este año se dieron tres

Tabla 3

Producciones totales de biomasa verde (BV) y biomasa seca (BS), días entre siembra y floración (d entre S y F), de los ensayos de variedades en Palau d'Anglesola

Variedad	1993			1994			1995			1996	
	d entre S y F*	BV (t/ha)	BS (t/ha)	BV (t/ha)	d entre S y F*	BV (t/ha)	BS (t/ha)	BV (t/ha)	BS (t/ha)	BS (t/ha)	
Grazer	71	127,4	31	126,4	67	139,5	37,3	165,7	37		
Beefbuilder	71	120,6	25,6	108,9	91	104,4	27,7	134,8	27,6		
Trudex	59	85,5	23,9	68,6	94	91,4	30,6	113,7	30,6		
Tuareg	59	114,4	34,4	-	65	109,6	32,5	-	-		
Speedfed	67	132,7	29,5	-	-	-	-	-	-		
FP-5	71	134,3	26,1	126,4	-	-	-	-	-		
Haydan	71	117,8	21,8	-	-	-	-	-	-		
Cowpow	-	-	-	-	60	181,5	49,1	173	32,4		
P-947	-	-	-	-	84	130,2	40,6	127,1	27,8		
P-841F	-	-	-	-	67	108,5	23	107,9	20,8		
PAC-8273	-	-	-	-	-	-	-	141,8	28,5		
Media	67	118,9	27,4	106,9	75,4	123,5	34,4	137,7	29,3		
MDS (0.05)	-	10,1	4,3	17	-	16,6	7	20,8	4,6		
C.V.(%)	-	5,7	10,5	10,6	-	9,9	13,7	10,1	10,5		

Tabla 4

Resultados de producción de biomasa verde y en materia seca en los ensayos de variedades en Gimennells

Variedad	1998		1999		2000		2001	
	MV	MS	MV	MS	MV	MS	MV	MS
Grazer	185,7	38,1	122,1	38,2	135,1	24	150,4	31,5
Beefbuilder	184,4	30,9	99	28,2	85,6	14,5	83,3	16,6
Trudex	118,4	31,1	91,7	25,8	86,81	21,2	72,8	18,7
Nutrihoney	184,4	40,3	-	-	-	-	-	-
Redomon	153,5	38,2	-	-	-	-	-	-
V923033	130,1	31,2	-	-	-	-	-	-
Sirius	116,5	33	-	-	-	-	-	-
Banyoles	-	17	-	-	-	-	-	-
Andres	-	-	88,5	23,4	-	-	-	-
Avangard	-	-	88,2	28,2	-	-	-	-
Gardavan	-	-	-	-	114,28	19,9	-	-
Endre	-	-	-	-	104,38	16,9	-	-
Digestivo	-	-	-	-	-	-	94,3	20,3
SF-2003	-	-	-	-	-	-	111,8	23,7
Media	146,7	32,5	97,9	28,8	105,2	19,3	102,5	22,2
MDS (0.05)	16,1	8,1	18,3	5,5	23,3	4,5	26,7	6,3
C.V.(%)	9,78	17,1	12,12	12,4	14,4	15,1	16,9	18,3

orden de unos 25-30 t/ha, aunque con un ciclo de producción algo más largo (Berenguer et al., 2006).

Las diferencias de producción entre los años puede ser debida seguramente a las diferentes temperaturas durante el ciclo de producción de cada año (tabla 5), a la distinta fertilidad de suelo de las parcelas en cada uno de los años y a las diferencias en el número de días entre siembra y primer corte y entre éste y el segundo.

La producción media de biomasa seca por corte varió entre las nueve y las 21 t/ha, tanto en el primer corte como en el segundo, si bien en la mayoría de los ensayos la producción del segundo corte fue inferior a la del primero, debido a la disminución de las horas de luz y temperaturas al final del verano.

En la mayoría de los ensayos se observa que las producciones de biomasa seca total de la mayor parte de híbridos de Pasto del Sudán x Sorgo fueron superiores a las del sorgo forrajero. Estos resultados son debidos principalmente al hecho de que las producciones del segundo corte de las variedades de sorgo forrajero fueron generalmente inferiores a las del resto de variedades, aunque hubieran obtenido buenas producciones en el primer corte, motivado probablemente por la menor capacidad de rebrote de estas variedades en comparación con las de Pasto de Sudán y híbridos.



La altura de planta antes del primer corte no difieren mucho entre variedades (entre 2,5-2,7 m), pero en el segundo corte se observó que las variedades de sorgo forrajero tenían unas medias significativamente más bajas (menores de 180 cm) que la mayoría de la variedades híbridas y que el Pasto de Sudán (superiores a los 205 cm). Resultados que corroboran la menor capacidad de rebrote de las variedades del sorgo forrajero (USDA, 1978).

Muchas de las variedades ensayadas no mostraron producciones de biomasa significativamente superiores a las de la variedad tradicional Grazer (híbrida), hecho que parece indicar un escaso interés en la mejora de variedades adaptadas a nuestras zonas.

Ensayos de frecuencia de corte

Las producciones de biomasa seca en los dos años de ensayo se presentan en la tabla 6. En estos ensayos se detectaron diferencias entre frecuencias de corte y entre variedades, de manera que las producciones de los tratamientos con tres cortes fueron siempre superiores a las de los cuatro, como ha sido observado por otros autores (Muldoon, 1985). Por ello, si lo que se desea es sencillamente obtener las mayores cantidades de biomasa posibles, deben darse el menor número de cortes posible.

En nuestros ensayos y por lo tanto en nuestras condiciones y ciclos de crecimiento, puede observarse, aunque los ensayos no sean directamente comparables, como las producciones de los ensayos de variedades, a

Tabla 5

Temperaturas medias mensuales en Palau d'Anglesola (1993 a 1996) y Gimennells (1997 a 2001)

Temperaturas medias mensuales (°C)									
Mes	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Abril	12	11,7	12,2	12,5	12,8	11,7	14,4	12,7	13,2
Mayo	16,4	4,1	16,9	16,4	16,4	16,4	19,7	18,4	17
Junio	21,1	21,3	19,9	20,6	20,1	21,5	22,7	21,7	22,4
Julio	22	24,9	24,2	22,4	21,9	23,3	26,44	22,9	22,8
Agosto	22,3	24,4	22,3	21,9	23,5	23	26,3	24	24,4
Septiembre	17,4	17,5	17,1	16,6	20,2	19,6	21,5	20,1	18
Octubre	11,6	14,1	15,6	12,5	16,6	13	15,4	14,2	16,6



los que se dieron dos cortes fueron generalmente superiores a las producciones obtenidas en los ensayos de frecuencia de corte.

En nuestro caso, las producciones de biomasa seca en los tratamientos con tres cortes variaron mucho según los años, y creemos que fue debido principalmente a las mayores temperaturas en agosto y septiembre en el año 1997 y a una mayor fertilidad y calidad de suelo en las parcelas de este año.

Advertencia

Los productores de sorgo forrajero saben bien que la producción de biomasa debe expresarse en unidades de materia seca y de biomasa húmeda tal cual se cosecha. Hay variedades o cortes que pueden dar elevadas producciones de biomasa húmeda que sin embargo contienen gran cantidad de agua y por lo tanto poca biomasa efectiva.

Conclusiones

- Los resultados parecen indicar que los sorgos forrajeros pueden ser cultivos válidos para la obtención de biomasa en regadío, con producciones del orden de 25-35 t/ha de materia seca, en función del número de cortes (a mayor frecuencia de corte disminuye la producción total), variedad, fertilidad del suelo y año.



Tabla 6

Producciones de biomasa seca (t/ha), en ensayos de frecuencia de corte en Gimnells

Variedad	1996		1997	
	Cortes		Cortes	
Piper	3	4	3	4
Cowpow	16,0	16,0	30,2	25,7
P-947	12,2	10,1	33,2	10,4
Grazer	10,3	9,0	19,4	8,5
	14,4	10,3	32,4	15,0
Media	13,2	11,4	28,8	14,9
Significación				
Entre variedades	**		**	
Entre cortes	**		**	

- Los resultados parecen confirmar un mayor potencial productivo de las variedades híbridas frente a las variedades de pasto de Sudán y de sorgo forrajero, debido principalmente a la poca capacidad de rebrote de las variedades de sorgo forrajero y a las bajas producciones observadas en el primer corte en las variedades de pasto de Sudán.

Este artículo es una modificación y ampliación de uno publicado en catalán en el año 2002 sobre la capacidad productiva de los sorgos forrajeros en regadíos de Lleida (Borrás et al., 2002). El motivo de presentar ahora este artículo en español, se debe principalmente a los comentarios que los autores han recogido de colegas agrónomos de distintas partes del país señalando la falta de información publicada sobre la capacidad productiva de biomasa de los sorgos en España, sobre todo ahora que se pensando en estos cultivos como productores de biomasa para biocombustibles. Este artículo pretende contribuir a llenar esta falta de información, presentado los resultados obtenidos ensayos de variedades y de frecuencia de corte en regadío.

Agradecimientos

A los compañeros del Area de Conreus Extensius del Centro UdL-IRTA de Lleida, J. Millera y J. Peñarroya.

Bibliografía

A disposición del autor.

Los resultados parecen confirmar un mayor potencial productivo de las variedades híbridas frente a las variedades de pasto de Sudán y de sorgo forrajero