

INFLUÊNCIA DE ESPAÇAMENTOS, DENSIDADES E ALTURAS DE PLANTAS NO DESEMPENHO DO SORGO GRANÍFERO¹

ÁLVARO BUENO²

RESUMO - Dois experimentos com os tratamentos organizados em parcelas subdivididas foram utilizados para testar os efeitos de três espaçamentos, duas densidades e dois híbridos, diferentes apenas na constituição alélica do loco 2 ($Dw_2 Dw_2$ ou $Dw_2 dw_2$), nas características agrônômicas do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). As variações nos espaçamentos e densidades não causaram modificações significativas nos caracteres relacionados com a maturação. Os híbridos, no entanto, influenciaram o número de dias para a floração e a maturação fisiológica, pois o híbrido alto ($Dw_2 Dw_2$) foi significativamente mais tardio do que o baixo ($Dw_2 dw_2$). Os tratamentos apresentaram efeitos significativos na altura das plantas. As plantas mais altas foram observadas no espaçamento de 1,02 m, na densidade de 256.980 plantas/ha e na condição de homozigose do loco 2 ($Dw_2 Dw_2$). As plantas cultivadas no espaçamento de 0,51 m apresentaram maior produção de grãos, maior número de sementes por panícula e maior número de panículas por planta. Por outro lado, as sementes mais pesadas foram obtidas no espaçamento de 1,02 m. Os efeitos das diferentes densidades foram mais visíveis nos números de sementes por panícula e panículas por planta, com os maiores valores obtidos na densidade baixa. A diferença na estrutura alélica do loco 2 influenciou, significativamente, a produção de grãos e os componentes da produção. Homozigose neste loco ($Dw_2 Dw_2$) resultou em maior produção de grãos, maior número de sementes por panícula e sementes mais pesadas do que a heterozigose ($Dw_2 dw_2$).

Termos para indexação: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, componentes da produção, genes condicionadores de altura, características agrônômicas.

INFLUENCE OF SPACINGS, DENSITIES AND PLANT HEIGHT ON THE PERFORMANCE OF GRAIN SORGHUM

ABSTRACT - Two split plot experiments were used to test the effects of three row spacings, two plant densities and two hybrids that differed only in the allelic structure of height locus 2 ($Dw_2 Dw_2$ or $Dw_2 dw_2$), on the agronomic performance of grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Variations in planting regimes generally were not effective in changing maturity related traits. Hybrids, however, had significant influence on days to midbloom and physiological maturation, with the tall hybrid ($Dw_2 Dw_2$) showing lateness. The treatments were influential in changing plant height. Taller plants were associated with wider row spacings, the high plant density, and homozygosity at height locus 2 ($Dw_2 Dw_2$). Plants grown in rows 0,51 m apart produced the highest grain yields and the largest numbers of seeds per head and heads per plant. Conversely, the heaviest seeds were obtained at the 1,02 m row spacing. Plant density showed a consistent effect on numbers of seeds per head and heads per plant, with larger numbers observed at the low density. The allelic structure of height locus 2 affected hybrid performance for grain yield and the yield components. Homozygosity at this locus ($Dw_2 Dw_2$) consistently resulted in higher grain yields, more seeds per head and heavier seeds than did the heterozygous condition ($Dw_2 Dw_2$).

Index terms: *Sorghum bicolor* (L.) Moench, yield components, height genes, agronomic traits.

INTRODUÇÃO

O sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) é, geralmente, cultivado em espaçamentos que variam de 0,70 m a 1 m entre as linhas de plantio. Nestes espaçamentos, o controle mecânico das ervas daninhas torna-se necessário pelo menos uma vez durante o ciclo da cultura. Espaçamentos menores podem oferecer uma alternativa interessante ao agricultor, pois a cobertura do solo pelas folhas é mais precoce, o que

¹ Aceito para publicação em 13 de novembro de 1981. Parte da tese apresentada pelo autor à Iowa State University, USA, como requisito para obtenção do título de Ph.D.

² Eng° Agr°, MS., University of Missouri, Ph.D da Iowa State University e Professor Visitante do Departamento de Fitotecnia da Escola de Agronomia da UFBA, CEP 44380 Cruz das Almas, Bahia.

deve promover um melhor controle das ervas daninhas, em face do rápido sombreamento dos espaços entre as linhas de cultivo. Outro aspecto importante é que, em plantios com alta densidade de plantas por unidade de área, os espaçamentos menores entre as linhas de cultivo promoverão uma melhor distribuição das plantas na área, o que pode resultar na interceptação mais eficiente da energia luminosa.

Sorgo granífero irrigado foi testado em espaçamentos de 0,30, 0,51, 0,76 e 1,02 m por Porter et al. (1960) e em 0,51 e 1,02 m por Brown et al. (1964). A produção foi significativamente maior nos espaçamentos menores. Este resultado foi atribuído a uma melhor distribuição das plantas, que resultou no uso mais eficiente da água, nutrientes e energia luminosa. Choy & Kanemasu (1974) relataram que o sorgo cultivado em espaçamento reduzido (0,46 m entre as linhas de cultivo) usou a água disponível com maior eficiência do que as plantas cultivadas em espaçamento maior (0,96 m entre as linhas), pois a evapotranspiração foi 10% mais alta no espaçamento de 0,96 m. Por outro lado, Bond et al. (1964) concluíram que a combinação de alta densidade e espaçamento reduzido proporcionou maior produtividade, apenas em condições de alta umidade no solo. Quando a água foi limitada, a referida combinação foi particularmente prejudicial à produtividade. Eles afirmaram que, geralmente, os agricultores trabalham sob um regime de água limitada, portanto os espaçamentos maiores deveriam ser os preferidos.

Reddy & Husain (1968) notaram que, quando o sorgo foi cultivado em densidade alta, as plantas produziram um menor número de folhas, apresentaram maturação mais tardia, panículas menores e sementes mais leves, mas a produtividade foi maior do que nos plantios em densidade baixa. Conclusões similares foram divulgadas por Singh & Bains (1972).

O efeito combinado de variações em espaçamentos e densidades tem sido bastante estudado. Grimes & Musick (1960) testaram sorgo granífero em espaçamentos de 0,18, 0,36, 0,53 e 0,71 m entre as linhas e densidades de 22.000, 138.000, 276.000, 442.000 e 553.000 plantas/ha., em um período de oito anos. A produtividade diminuiu à medida que os espaçamentos entre linhas aumentaram. A maior produção foi obtida na densidade de 276.000 plantas/ha. No entanto, Nelson (1952) não observou diferenças significativas na produtividade quando o sorgo foi cultivado em densidades de 178.000, 370.000 e 563.000 plantas/ha. Resultados semelhantes foram obtidos por Stickler (1964) e Stickler & Wearden (1965). Esta tolerância a diferentes densidades de plantio foi atribuí-

da à capacidade que tem a planta de sorgo de perfilhar e produzir panículas maiores nas baixas densidades. Stickler & Laude (1960) relataram que os espaçamentos reduzidos foram eficientes no aumento da produtividade do sorgo, apenas em altas densidades. Eles notaram que a produtividade não diferiu significativamente entre os espaçamentos de 0,25, 0,41, 0,51, 0,61 e 1,02 m, quando a densidade foi de 129.000 plantas/ha. Mas, na densidade de 194.000 plantas/ha, verificaram que a produtividade aumentou à medida que os espaçamentos diminuíram. Robinson et al. (1964) chegaram, essencialmente, à mesma conclusão, pois verificaram que, em densidades acima de 194.000 plantas/ha, a produtividade aumentou linearmente à medida que os espaçamentos entre as linhas diminuíram de 1,02 para 0,25 m.

A influência dos genes controladores da altura das plantas na produtividade e em outros caracteres agronômicos tem sido objeto de intensa pesquisa em sorgo granífero. Quinby & Karper (1954) relataram que o único efeito visível dos alelos recessivos, para o nanismo, foi a redução do tamanho dos entrenós. Brooks (1967) concluiu, igualmente, após comparar linhagens "quase isogênicas" da variedade Wheatland, que diferiam em apenas um gene condicionador da altura. Por outro lado, Windscheffel et al. (1973) e Schertz (1973), após testarem híbridos de sorgo que diferiam apenas na estrutura alélica de um dos genes condicionadores da altura, verificaram que os híbridos com dois genes para o nanismo (2-dwarf) apresentaram produtividade consistentemente maior do que os híbridos com três genes para o nanismo (3-dwarf).

Comparações entre linhagens e híbridos, com quatro e três genes para o nanismo (4- e 3-dwarf), foram feitas por Schertz (1970) e Schertz et al. (1974), respectivamente. Quando as linhagens foram comparadas, não foram detectadas diferenças significativas no número de folhas, floração, número de entrenós, tamanho de pedúnculo e largura das folhas. Mas as linhagens altas (3-dwarf) apresentaram maior tamanho de entrenós, folhas mais longas, panículas maiores e maior produtividade. Quando os híbridos foram comparados, verificou-se que os híbridos altos apresentaram maior produtividade e sementes mais pesadas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de três espaçamentos, duas densidades e dois híbridos que diferiam apenas na estrutura alélica do loco 2 ($Dw_1 Dw_2$ ou $Dw_1 dw_2$), nas principais características agronômicas do sorgo granífero.

MATERIAL E MÉTODOS

Os dados apresentados neste trabalho foram obtidos em dois experimentos conduzidos na Estação Experimental da Iowa State University, USA. O primeiro experimento foi plantado em 27 de maio de 1976, e o segundo, em 15 de junho de 1977.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, com três repetições, onde os espaçamentos entre as linhas de cultivo constituíram os tratamentos em parcelas, e uma combinação fatorial 2 x 2 de híbridos (alto e baixo) e densidades de plantio (alta e baixa) constituíram os tratamentos em subparcelas. Os espaçamentos entre as linhas foram 0,51, 0,76 e 1,02 m, e as densidades foram 128.490 plantas/ha e 256.980 plantas/ha. Os genótipos testados foram dois híbridos "quase isogênicos": Combine Kafir 60-A x Tx 7078 (híbrido alto) e Tx 616-A Kafir x Tx 7078 (híbrido baixo). Geneticamente, os dois híbridos são semelhantes, com a diferença de que o híbrido alto é homocigoto dominante para o loco 2 ($Dw_2 Dw_2$) e homocigoto recessivo para os outros locos que controlam a altura da planta ($dw_1 dw_1$, $dw_3 dw_3$ e $dw_4 dw_4$), enquanto que o híbrido baixo é heterocigoto para o loco 2 ($Dw_2 dw_2$) e homocigoto recessivo para os outros locos que controlam a altura ($dw_1 dw_1$, $dw_3 dw_3$ e $dw_4 dw_4$). A diferença de porte deve-se ao fato de que os genes que controlam a altura, em sorgo, apresentam uma interação alélica de dominância parcial (Quinby & Karper 1954). Como estes híbridos são isogênicos para todos os outros locos, podemos testar os efeitos específicos da estrutura alélica diferencial de apenas um loco gênico (loco 2). As subparcelas consistiram de três sulcos de 6,10 m de comprimento, mas os dados para análise foram tomados apenas nos 4,6 m mais uniformes do sulco central.

As características agrônômicas analisadas foram as seguintes:

Iniciação floral: número de dias entre o plantio e o aparecimento do primórdio floral (panícula em desenvolvimento).

Floreação: número de dias entre o plantio e até que 80% das plantas da parcela útil apresentassem 50% da panícula com flores abertas.

Maturação fisiológica: número de dias entre o plantio e até que uma camada de células necrosadas (pretas) fosse observada na região do hilo das sementes, no terço inferior de 80% das panículas da parcela útil.

Período de enchimento dos grãos: estimado como a diferença entre o período que as plantas da parcela útil necessitaram para atingirem a maturação fisiológica e o período necessário para atingirem a floração.

Altura: distância do solo até a extremidade da panícula principal tomada imediatamente antes da colheita.

Número de panículas por planta: quociente entre o número de panículas colhidas e o número de plantas da área da parcela útil.

Peso de 100 sementes: após a colheita, secagem e

beneficiamento das sementes de cada parcela útil, utilizou-se um contador eletrônico para separar amostras de 100 sementes, as quais foram pesadas em balança de precisão.

Número de sementes por panícula: quociente entre a produção de grãos da parcela útil e o produto do número de panículas da parcela útil vezes o peso de 100 sementes, sendo o total multiplicado por 100.

Produção de grãos: as panículas da parcela útil foram colhidas manualmente, secadas artificialmente até a umidade de 10% e debulhadas; e as sementes foram pesadas imediatamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os efeitos dos espaçamentos, na iniciação floral, floração e maturação fisiológica, não foram significativos em 1976 e 1977 (Tabela 1). O mesmo aconteceu com os efeitos das densidades na iniciação floral e maturação fisiológica. Por outro lado, as densidades apresentaram efeito significativo na floração em 1976 e na análise conjunta (Tabela 1). As plantas cultivadas na densidade alta atingiram a floração um dia antes das plantas cultivadas na densidade baixa.

Os efeitos dos híbridos na iniciação floral, floração e maturação fisiológica foram significativos em 1976 (Tabela 1). O híbrido alto atingiu a iniciação floral um dia mais tarde do que o híbrido baixo e alcançou a floração e a maturação fisiológica três dias após o híbrido baixo. Em 1977, no entanto, as diferenças entre os híbridos foram significativas apenas para a floração e a maturação fisiológica (Tabela 1). O híbrido alto foi, novamente, tardio, pois alcançou a floração e a maturação fisiológica dois dias após o híbrido baixo. A análise conjunta revelou que o efeito dos híbridos, nos caracteres relacionados com a maturação, foram significativos apenas para a floração e a maturação fisiológica (Tabela 1). O híbrido alto alcançou ambos os estágios cerca de três dias após o híbrido baixo. Schertz (1970), ao contrário dos resultados aqui apresentados, não detectou diferenças na floração de linhagens de sorgo recessivos em três e quatro locos condicionadores de altura.

A maioria das interações entre os tratamentos não foram significativas, motivo pelo qual serão omitidas no presente trabalho.

Os espaçamentos foram responsáveis por diferenças significativas no período de enchimento dos grãos e na altura das plantas em 1976, mas não em 1977 (Tabela 1). A análise conjunta revelou diferença significativa apenas para a altura das plantas (Tabela 1). Em 1976, o período de enchimento dos grãos foi maior e as plantas mais altas no espaçamento de 1,02 m entre as linhas de plantio.

TABELA 1. Efeitos e níveis de significância dos tratamentos na iniciação floral (IF), floração (FL), maturação fisiológica (MF), período de enchimento dos grãos (PE) e altura das plantas (AP) nos experimentos 1 e 2 e na análise conjunta.

Tratamentos	IF	FL	MF	PE	AP
	dias				(cm)
Experimento 1 (1976)					
Espaçamento					
0,51 m	44,1	69,2	117,2	48,6	118,2
0,76 m	42,0	67,3	119,3	52,1	120,1
1,02 m	43,1	67,8	120,0	52,2	122,3
	NS	NS	NS	*	*
Densidade					
Baixa	42,7	68,9	119,3	50,4	119,9
Alta	43,4	67,2	118,7	51,5	120,5
	NS	*	NS	NS	NS
Híbrido					
Baixo	42,6	66,4	117,7	51,3	107,3
Alto	43,6	69,8	120,4	50,6	133,1
	**	**	**	NS	**
Experimento 2 (1977)					
Espaçamento					
0,51 m	35,6	71,5	125,5	54,0	117,9
0,76 m	35,7	71,0	123,4	52,6	122,8
1,02 m	35,3	71,0	124,1	53,3	122,4
	NS	NS	NS	NS	NS
Densidade					
Baixa	35,5	71,3	124,6	53,3	119,3
Alta	35,6	70,7	124,1	53,3	123,0
	NS	NS	NS	NS	**
Híbrido					
Baixo	35,4	70,0	123,0	52,9	107,6
Alto	35,7	72,0	125,7	23,7	134,6
	NS	**	**	*	**
Análise conjunta					
Espaçamento					
0,51 m	39,9	70,4	121,6	51,3	118,1
0,76 m	38,9	69,2	121,4	52,3	121,5
1,02 m	39,2	69,4	122,1	52,8	122,4
	NS	NS	NS	NS	**
Densidade					
Baixa	39,1	70,1	121,9	51,8	119,6
Alta	39,5	69,0	121,4	52,4	121,8
	NS	**	NS	NS	NS
Híbrido					
Baixo	39,0	68,2	120,4	52,1	107,5
Alto	39,6	70,9	123,1	52,1	133,8
	NS	**	**	NS	**

*, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente; NS = não significativo.

TABELA 2. Efeitos e níveis de significância dos tratamentos no número de panículas por planta (PP), número de sementes por panícula (SP), peso de 100 sementes (PS) e produção de grãos (PG) nos experimentos 1 e 2 e na análise conjunta.

Tratamentos	PP	SP	PS (g)	PG (g/m ²)
Experimento 1 (1976)				
Espaçamento				
0,51 m	1,40	1.393	2,54	787
0,76 m	1,23	1.246	2,82	733
1,02 m	1,20	1.340	2,93	658
	NS	NS	NS	**
Densidade				
Baixa	1,49	1.466	2,74	729
Alta	1,07	1.186	2,79	723
	**	**	NS	NS
Híbrido				
Baixo	1,34	1.252	2,70	699
Alto	1,21	1.400	2,83	753
	**	**	*	**
Experimento 2 (1977)				
Espaçamento				
0,51 m	1,08	1.753	2,35	778
0,76 m	1,01	1.438	2,44	701
1,02 m	1,05	1.470	2,51	652
	NS	*	*	**
Densidade				
Baixa	1,13	1.871	2,46	686
Alta	0,97	1.237	2,41	734
	**	**	NS	**
Híbrido				
Baixo	1,06	1.496	2,26	646
Alto	1,04	1.612	2,61	775
	NS	*	**	**
Análise conjunta				
Espaçamento				
0,51 m	1,24	1.573	2,44	783
0,76 m	1,12	1.342	2,63	717
1,02 m	1,13	1.405	2,72	655
	*	**	**	**
Densidade				
Baixa	1,31	1.668	2,60	708
Alta	1,02	1.212	2,60	729
	NS	NS	NS	NS
Híbrido				
Baixo	1,20	1.374	2,48	672
Alto	1,13	1.506	2,72	764
	NS	**	NS	NS

*, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, NS = não significativo.

As densidades não revelaram influências significativas na duração do período de enchimento dos grãos e na altura das plantas, em 1976, e na análise conjunta (Tabela 1), mas diferenças significativas na altura das plantas foram observadas em 1977 (Tabela 1). As plantas foram mais altas na densidades de 256.980 plantas/ha.

Os efeitos dos híbridos, no período de enchimento dos grãos e na altura das plantas, foram significativos em 1977, mas apenas as diferenças em altura foram significativas em 1976 e na análise conjunta (Tabela 1). A diferença de altura entre os híbridos foi cerca de 0,26 m e consistente, em ambos os anos.

As médias de produção dos Experimentos 1 e 2 foram 726 e 710 g/m², respectivamente. As plantas do Experimento 1 (1976) foram caracterizadas por um maior número de panículas por planta, menor número de sementes por panícula e sementes com maior peso do que as plantas do Experimento 2 (1977) (Tabela 2). Estes resultados evidenciam a capacidade de compensação entre os componentes da produção e ilustram a flexibilidade do sorgo granífero em atingir níveis similares de produção através de diferentes mecanismos fisiológicos. As plantas do Experimento 1 produziram um número reduzido de sementes por panícula, mas apresentaram um aumento compensatório no número de panículas por planta e no peso das sementes, resultando em produção similar à do Experimento 2.

Os efeitos dos espaçamentos nos componentes da produção não foram significativos em 1976, mas em 1977, foram observadas diferenças significativas no número de sementes por panícula e no peso das sementes (Tabela 2). Na análise conjunta, os espaçamentos apresentaram influência significativa em todos os componentes da produção (Tabela 2). Em 1977 e na análise conjunta, o espaçamento de 0,51 m produziu o maior número de sementes por panícula. As sementes mais pesadas foram produzidas no espaçamento de 1,02 m entre as linhas de plantio. O maior número de panículas por planta, em ambos os anos, foi obtido no espaçamento de 0,51 m, mas as diferenças foram significativas apenas na análise conjunta. Os efeitos dos espaçamentos na produção de grãos foram significativos em 1976, 1977 e na análise conjunta (Tabela 2). A maior produção foi obtida no espaçamento de 0,51 m. Estes resultados confirmam aqueles divulgados por Porter et al. (1960), Brown et al. (1964), Grimes & Musick (1960) e Stickler & Laude (1960).

Os efeitos das densidades, nos números de panículas por planta e sementes por panícula, foram signifi-

cativos em 1976 e 1977 (Tabela 2). Os maiores números de panículas por planta e sementes por panícula foram observados na densidade baixa, nos dois anos. Diferenças no peso das sementes, entre as densidades, não foram significativas. A influência das densidades na produção de grãos não foi significativa em 1976, mas foi em 1977 (Tabela 2), quando a produção foi cerca de 7% maior na densidade alta. Na análise conjunta, as densidades não apresentaram diferenças significativas na produção de grãos e nos componentes da produção (Tabela 2).

Os híbridos causaram efeitos significativos na produção de grãos e componentes da produção em 1976 (Tabela 2). O híbrido alto (Dw₂ Dw₂) caracterizou-se por um menor número de panículas por planta, maior número de sementes por panícula, sementes mais pesadas e maior produção do que o híbrido baixo (Dw₂ dw₂). Em 1977, a diferença no número de panículas por planta, entre os híbridos, não foi significativa, mas o híbrido alto apresentou significativamente maior número de sementes por panícula, sementes mais pesadas e maior produção de grãos do que o híbrido baixo (Tabela 2). Estes resultados são similares aos obtidos por Schertz (1970) e Schertz et al. (1974). Na análise conjunta, os híbridos diferiram significativamente apenas no número de sementes por panícula, e o híbrido alto apresentou o maior valor.

CONCLUSÕES

1. As variações nos espaçamentos e densidades não foram responsáveis por modificação significativas na iniciação floral, floração, maturação fisiológica e período de enchimento dos grãos. Os híbridos, diferentes apenas na estrutura alélica do loco 2, apresentaram efeitos significativos na floração e maturação fisiológica. A condição de homozigose (Dw₂ Dw₂) resultou em plantas mais tardias do que a heterozigose (Dw₂ dw₂).

2. A altura das plantas foi significativamente alterada pelos tratamentos. As plantas mais altas foram observadas no espaçamento de 1,02 m, na densidade de 256.980 plantas/ha e na condição de homozigose do loco 2 (Dw₂ Dw₂).

3. A produção de grãos e os componentes da produção foram significativamente afetados pelas variações nos espaçamentos. As plantas cultivadas no espaçamento de 0,51 m apresentaram maior produção de grãos e maiores números de panículas por planta e sementes por panícula; por outro lado, as sementes mais pesadas foram produzidas no espaçamento de 1,02 m.

4. As variações nas densidades não causaram modificações no peso das sementes, mas apresentaram influência significativa nos números de panículas por planta e sementes por panícula, com os maiores números obtidos na densidade baixa. A produção de grãos foi afetada pelas densidades apenas em um experimento, e a maior produção foi obtida na densidade de 256.980 plantas/ha.

5. Os efeitos dos híbridos na produção de grãos e nos componentes da produção foram significativos. Homozigose no loco 2 ($Dw_2 Dw_2$) resultou em maior produção de grãos, maior número de sementes por panícula e sementes com maior peso do que a heterozigose ($Dw_2 dw_2$).

REFERÊNCIAS

- BOND, J.J.; ARMY, T.J. & LEHAMAN, D.R. Row spacings, plant populations and moisture supply as factors in dryland grain sorghum production. *Agron. J.*, 56: 3-6, 1964.
- BROOKS, J.S. Internode length in height mutants of the sorghum variety Wheatland. *Crop Sci.*, 7:676, 1967.
- BROWN, A.R.; COBB, C. & WOOD, E.H. Effects of irrigation and row spacing on grain sorghum in the Piedmont. *Agron. J.*, 56:506-9, 1964.
- CHOY, E.W. & KANEMASU, E.T. Energy balance comparisons of wide and narrow row spacings in sorghum. *Agron. J.*, 66:98-100, 1974.
- GRIMES, D.W. & MUSICK, J.T. Effect of plant spacing, fertility and irrigation managements on grain sorghum production. *Agron. J.*, 52: 647-50, 1960.
- NELSON, C.E. Effects of spacing and nitrogen applications on yield of grain sorghum under irrigation. *Agron. J.*, 44:303-5, 1952.
- PORTER, K.B.; JENSEN M.E. & STETTEN, W.H. The effect of row spacing, fertilizer and planting rate on the yield and water use of irrigated grain sorghum. *Agron. J.*, 52:431-4, 1960.
- QUINBY, J.R. & KARGER, R.E. Inheritance of height in sorghum. *Agron. J.*, 46:211-6, 1954.
- REDDY, P.R. & HUSAIN, M.M. Influence of nitrogen level and plant density on yield components in hybrid sorghum "CHS-1". *Indian J. Agric. Sci.*, 38:408-15, 1968.
- ROBINSON, R.G.; BERNAT, L.A.; NELSON, W.W.; THOMPSON, R.C. & THOMPSON, J.R. Row spacing and plant population for grain sorghum in the humid north. *Agron. J.*, 56:189-91, 1964.
- SCHERTZ, K.F. Single height-gene effects in doubled haploid *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Crop. Sci.*, 10:531-4, 1970.
- SCHERTZ, K.F. Single height-gene effects in hybrids of doubled haploid *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Crop. Sci.*, 13:421-3, 1973.
- SCHERTZ, K.F.; ROSENOW, D.T.; JOHNSON, J. W. & GIBSON, P.T. Single Dw_2 height-gene effects in 4- and 3-dwarf hybrids of *Sorghum bicolor* (L.) Moench. *Crop. Sci.*, 14:875-7, 1974.
- SINGH, A. & BAINS, S.S. Response of sorghum (CSH-1 and Swarna) to varying levels of nitrogen and plant population. *Indian J. Agron.*, 17:13-6, 1972.
- STICKLER, F.C. Grain sorghum yields from 20- and 40- inch rows at various stand densities in Kansas. s.l., s.ed., 1964. (Kansas Agric. Exp. Sta. Bull. 474) 1964.
- STICKLER, F.C. & LAUDE, H.H. Effect of row spacing and plant population on performance of corn, grain sorghum and forage sorghum. *Agron. J.*, 52:275-7, 1960.
- STICKLER, F.C. & WEARDEN, S. Yield components of grain sorghum as affected by row width and stand density. *Agron. J.*, 57:564-7, 1965.
- WINDSCHEFFEL, J.A.; VANDERLIP, R.L. & CASADY, A.J. Performance of 2-dwarf and 3-dwarf grain sorghum hybrids harvested at various moisture contents. *Crop. Sci.*, 13:215-9, 1973.