

KERAGAMAN DAN KORELASI GENETIK ANTARA KARAKTER DAUN DENGAN HASIL PADA TANAMAN SORGUM (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

J. Kusuma¹, dan Anas^{2*}

¹Program Pascasarjana, Fakultas Pertanian, UNPAD

²Program Studi Pemuliaan Tanaman, Fakultas Pertanian, UNPAD

*Corresponding Author: anasyayak@yahoo.com

ABSTRAK

Duapuluh tiga genotip sorgum ditanam untuk menganalisis variabilitas dan korelasi genetik antara karakter daun terhadap karakter hasil. Penanaman dilakukan di Kebun Percobaan Unit Ciparanje, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran pada bulan April sampai Agustus 2011. Percobaan disusun dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang diulang dua kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variabilitas genetik yang sempit untuk karakter jumlah daun, lebar daun, dan kandungan klorofil pada fase generatif. Terdapat korelasi genotipik positif antara karakter bobot biji per malai dengan jumlah daun, lebar daun, warna daun fase generatif, warna daun saat panen, dan kandungan klorofil fase vegetatif. Karakter bobot 1.000 biji menunjukkan korelasi positif terhadap karakter lebar daun dan warna daun fase generatif. Korelasi positif juga ditunjukkan oleh karakter bobot biji per plot terhadap karakter jumlah daun, lebar daun, warna daun fase vegetatif, dan kandungan klorofil fase vegetatif. Beberapa karakter daun yang terkait dengan sifat *stay green*, memiliki kontribusi terhadap peningkatan hasil pada tanaman sorgum.

Kata kunci: Sorgum, keragaman genetik, karakter daun.

ABSTRACT

Variability and genetic correlation between leaf characters and yield of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Twenty-three genotypes of sorghum were grown in field to study variability and genetic correlation between leaf characters and yield. Field experiment was carried out at Experimental Station, Faculty of Agriculture, University of Padjadjaran from April to August 2011. Experiments were arranged in randomized block design (RBD) with two replication. Results showed that there was narrow genetic variability for number of leaves, leaf width, and the content of chlorophyll in the generative phase. There was a positive genotypic correlation between grain weight per panicle and number of leaves, leaf width, leaf color at generative phase, leaf color at harvest phase, and chlorophyll content at vegetative phase. 1,000-seed weight showed a positive correlation with leaf width and leaf color at generative phase. The positive correlation was also shown by grain weight per plot against number of leaves, leaf width, leaf color at vegetative phase, and chlorophyll content at vegetative phase. Several leaf characters that were associated with stay green trait, have contributed to increased yield in sorghum.

Key words: Sorghum, genetic diversity, leaf characters.

PENDAHULUAN

Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) merupakan tanaman sereal yang menjadi sumber bahan pangan global, dan berada di peringkat kelima setelah gandum, padi, jagung, dan barley (Sleper dan Poehlman, 2006). Tanaman sorgum banyak dibudidayakan di daerah beriklim panas dan kering, kebanyakan dikonsumsi oleh penduduk yang tinggal di daerah yang rawan pangan (Ali *et al.*, 2009; Bibi *et al.*, 2007). Berdasarkan data dari FAO (2012), total pertanaman sorgum di dunia adalah 40.508.600 ha, dengan hasil panen rata-rata 1,3 t/ha. Sekitar 84% areal pertanaman sorgum berada di wilayah Afrika dan Asia, serta sisanya berada di daerah Amerika Utara dan Selatan (FAO, 2012), tetapi produsen sorgum dunia masih didominasi oleh Amerika Serikat, India, Nigeria, Cina, Mexico, Sudan, dan Argentina.

Pada tanaman sorgum, terdapat sifat *stay green* yang merupakan karakter pada genotip yang mampu mempertahankan sifat hijau daun setelah fase pembungaan (Rosenow *et al.*, 1983). Pentingnya mempertahankan karakter *stay green* sangat diperlukan untuk menjaga hasil pada tanaman sorgum agar tidak berkurang pada saat fase kritis setelah pembungaan. Selanjutnya, genotip sorgum dengan karakter *stay green* nya mampu untuk memaksimalkan hasil biji pada fase pengisian biji secara normal, meskipun dalam kondisi air atau kelembaban yang terbatas (Duncan *et al.*, 1981; Rosenow and Clark, 1981; Borrell *et al.*, 2000).

Kegagalan pengisian biji yang disebabkan tidak maksimalnya proses fisiologis yang ada di daun merupakan faktor pembatas untuk menghasilkan biji sorgum, yang berakibat menurunnya jumlah panen. Karakter hasil merupakan karakter yang sangat kompleks, yang dipengaruhi oleh berbagai karakter, sehingga seleksi tanaman sorgum yang berdasarkan karakter hasil secara langsung, kemungkinan tidak begitu efisien (Mahajan *et al.*, 2011). Oleh karena itu, pengetahuan tentang besarnya hubungan antara karakter hasil dan karakter yang berkontribusi, sangat membantu dalam mengevaluasi dan mengembangkan sorgum berdaya hasil tinggi.

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) untuk mengetahui variabilitas genotipe dan fenotipe karakter daun yang diharapkan informasi tersebut bermanfaat untuk proses seleksi dan pengembangan tanaman sorgum yang berdaya hasil tinggi; 2) untuk korelasi antara karakter daun dan karakter hasil yang diharapkan dapat mengetahui kontribusi karakter daun terhadap peningkatan hasil tanaman sorgum.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di Kebun Percobaan Ciparanje, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran dengan ketinggian tempat ± 754 m dpl. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Dua puluh tiga genotip sorgum digunakan sebagai perlakuan yang diulang sebanyak dua kali. Genotipe sorgum yang digunakan terdiri atas 18 sorgum biji dan 5 sorgum manis (Anas dan Yoshida, 2004; Anas, 2011). Setiap genotip ditanam 60 tanaman pada setiap plot dengan jarak tanam 75 x 15 cm. Pengamatan diambil dari 12 sampel tanaman acak dari setiap perlakuan.

Pengamatan mengambil acuan dari *Descriptor for Sorghum*, ICRISAT dan IBPGR (1993), yang terdiri atas jumlah daun, panjang daun, lebar daun, luas area daun, warna daun, dan kandungan klorofil. Karakter hasil yang diamati adalah bobot biji per malai, bobot 1.000 biji, dan bobot biji per plot.

Karakter kandungan klorofil diamati pada fase vegetatif dan generatif dengan menggunakan alat klorofilometer (OPTI-SCIENCES Chlorophyll Content Meter[®]) pada daun ke enam di bagian ujung, tengah, dan pangkal. Karakter warna daun diamati pada fase vegetatif, generatif dan waktu panen dengan menggunakan *colour chart* (Royal Horticultural Society Colour Chart[®]) dan Canon PIXMA MP250[®] untuk scanning warna. Proses menghitung data warna hasil *scanning* dilakukan dengan menggunakan *software* ImageJ[®] versi 1.46. Data *green* merupakan data yang digunakan untuk menganalisis warna daun. Luas daun dilakukan pada saat tanaman mendekati umur panen, diestimasi dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Chinnamuthu *et al.* (1989):

$$TLA = 14.355 (SLA_{LW})^{0.857}$$

TLA = total luas daun

SLA = luas daun ke-enam

Analisis variabilitas genetik dan fenotip dilakukan dengan menggunakan rumus:

$$\sigma_g^2 = (KT_g - KT_e)/r$$

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_e^2$$

Standar deviasi varians genetik dan varians fenotip dianalisis dengan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Anderson dan Bancroft (1952):

$$sd \sigma^2 g = \sqrt{\frac{2}{r} \left[\frac{(KT \text{ genotip})^2}{db \text{ genotip} + 2} \right] + \left[\frac{(KT \text{ galat})^2}{db \text{ genotip} + 2} \right]}$$

$$sd \sigma^2 f = \sqrt{\frac{2}{r} \left[\frac{(KT \text{ genotip})^2}{db \text{ genotip} + 2} \right]}$$

Korelasi genetik karakter daun terhadap hasil dianalisis dengan menggunakan kovarians genetik serta rumus korelasi yang dikemukakan oleh Singh dan Chaudary (1979):

$$r(x_1 x_2) = \text{kov.} x_1 x_2 / (\sigma_{x_1}^2 + \sigma_{x_2}^2)^{0.5}$$

Sedangkan untuk mengetahui signifikansi antar karakter yang berkorelasi, maka dilakukan uji-t menurut Singh dan Chaudary (1979):

$$t = \frac{r_{x_1 x_2} (n - 2)}{\sqrt{1 - r_{x_1 x_2}^2}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter bobot biji per malai, bobot 1.000 biji, dan bobot biji per plot menunjukkan perbedaan yang nyata berdasarkan hasil uji-F (Tabel 1). Karakter lebar daun, warna daun pada masa panen, dan kandungan klorofil pada fase generatif menunjukkan perbedaan yang tidak nyata. Karakter-karakter yang berbeda nyata menunjukkan adanya variasi penampilan dari genotip sorgum untuk karakter-karakter tersebut. Perbedaan tersebut disebabkan oleh latar belakang genetik dari masing-masing genotip yang diuji. Genotip-genotip tersebut memiliki konstitusi genetik yang berbeda-beda karena berasal dari tempat asal yang berbeda pula (Anas dan Yoshida, 2004; Anas, 2011)

Pada karakter kandungan klorofil fase generatif, tidak terjadi perbedaan yang nyata pada semua bagian daun, hal tersebut diduga karena ekspresi gen terhadap karakter jumlah klorofil dari tanaman tersebut muncul secara homogen. Kandungan klorofil pada fase generatif biasanya akan mengalami penurunan dan merosotnya secara pesat kapasitas fotosintesis yang berdampak terhadap penurunan kualitas hasil tanaman (Kassahun *et al.*, 2010). Hal ini berlaku untuk seluruh genotip-genotip sorgum yang diuji.

Secara keseluruhan, variabilitas fenotipe 23 genotip tanaman sorgum yang diuji memiliki variabilitas yang luas (Tabel 2). Ada variabilitas genetik yang sempit pada karakter jumlah daun, lebar daun, dan kandungan klorofil pada fase generatif, hal ini disebabkan karena karakter tersebut tidak dipengaruhi oleh lingkungan. Hal serupa dilaporkan oleh Deepalakshmi dan Ganesamurthy (2007) dan Manonmani *et al.* (2002) pada *red grain* sorgum dan *kharif* sorgum, yang menyatakan

bahwa penampilan jumlah daun per tanaman cenderung stabil dalam kondisi lingkungan yang berbeda.

Karakter jumlah daun menunjukkan korelasi positif dengan karakter bobot biji per malai dan karakter bobot biji per plot, sedangkan karakter bobot 1.000 biji menunjukkan korelasi yang negatif (Tabel 3). Hal serupa dilaporkan oleh Stickler dan Pauli (1961) yang menguji dampak perontokan daun terhadap hasil, yang menunjukkan penurunan bobot hasil biji pada tanaman sorgum. Daun merupakan organ utama untuk proses fotosintesis dan komponen penting bagi tanaman untuk menghasilkan energi pada fase kritis, seperti pada fase pengisian biji. Asimilasi diproduksi oleh daun, saat fase vegetatif digunakan untuk pertumbuhan batang dan daun, namun jika sudah memasuki fase generatif, asimilasi ditujukan terhadap pengisian biji (Harish, 2007).

Karakter panjang daun menunjukkan korelasi negatif terhadap karakter bobot biji per malai dan bobot biji perplot, sedangkan karakter lebar daun menunjukkan korelasi positif terhadap seluruh karakter hasil. Chanda *et al.* (1985) dikutip Chinnamuthu (1989), memberikan keterangan bahwa panjang dan lebar daun merupakan variabel yang paling menentukan dari luas daun. Menurut Ali *et*

Tabel 1. Analisis varians karakter daun dan hasil tanaman sorgum.

No.	Karakter	Min	Max	$\bar{X}$	KV (%)	F-H
1	Jumlah daun	11,00	15,00	13,20	5,21	2,46 *
2	Panjang daun (cm)	62,00	101,00	77,61	5,90	6,43 **
3	Lebar daun (cm)	4,00	9,00	6,38	12,45	1,35 ns
4	Luas area daun (cm ²)	1308,24	5230,94	2915,43	9,96	10,071 **
5	Warna daun (Green)					
	Fase Vegetatif	152,49	222,63	178,00	9,51	2,18 *
	Fase Generatif	152,49	222,63	178,00	9,51	2,18 *
	Panen	152,49	162,67	156,12	2,30	1,30 ns
6	Kandungan klorofil					
	Fase Vegetatif	25,20	64,74	40,03	10,65	4,57 *
	Fase Generatif	5,06	39,50	16,45	3,14	1,08 ns
7	Bobot biji per malai (g)	18,01	67,14	39,36	19,02	3,65 *
8	Bobot 1.000 biji (g)	17,01	41,43	26,78	10,40	28,11 **
9	Bobot biji per plot (g)	1487,07	3714,91	2512,03	16,77	2,66 *

* = Berbeda nyata pada taraf 5%; ns = non signifikan.

Tabel 2. Variabilitas karakter daun dan hasil tanaman sorgum.

No.	Karakter	Variabilitas genotipe			Variabilitas fenotipe		
		σ^2g	2sd σ^2g	Kriteria	σ^2f	2sd σ^2f	Kriteria
1	Jumlah daun	0,34	0,36	Sempit	0,82	0,33	Luas
2	Panjang daun (cm)	56,97	39,42	Luas	77,96	38,95	Luas
3	Lebar daun (cm)	0,11	0,30	Sempit	0,74	0,24	Luas
4	Luas area daun (cm ²)	382664,80	246493,60	Luas	467035,70	245287,40	Luas
5	Warna daun (Green)						
	Fase Vegetatif	1870,45	1083,32	Luas	1882	1083,30	Luas
	Fase Generatif	2584,51	1569,95	Luas	2847,60	1568,11	Luas
	Panen	2584,51	1569,95	Luas	2847,60	1568,11	Luas
6	Kandungan klorofil						
	Fase Vegetatif	32,53	24,59	Luas	50,71	24,03	Luas
	Fase Generatif	2,23	22,02	Sempit	53,89	16,20	Luas
7	Bobot biji per malai (g)	74,41	61,31	Luas	130,45	59,14	Luas
8	Bobot 1.000 biji (g)	37,22	23,65	Luas	44,39	23,56	Luas
9	Bobot biji per plot (g)	148245,07	146152,44	Luas	325862,88	136863,29	Luas

Kriteria nilai variabilitas : (1) variabilitas genetik luas = $\sigma^2g > 2S \sigma^2g$; (2) variabilitas genetik sempit = $\sigma^2g < 2S \sigma^2g$.

Tabel 3. Korelasi genotipik karakter daun terhadap hasil tanaman sorgum.

Karakter	r_g		
	Bobot biji per malai	Bobot 1.000 biji	Bobot biji per plot
Jumlah daun	0,771*	-0,263*	0,921*
Panjang daun	-0,086*	0,122	-0,122*
Lebar daun	0,625*	0,437*	0,889*
Luas area daun	0,107	0,194	0,140
Warna daun:			
a. Fase vegetatif	0,020	0,124	0,066
b. Fase generatif	0,017*	0,105*	0,056*
Panen	0,005*	-0,009*	-0,001*
Kandungan klorofil			
a. Fase vegetatif	0,053*	0,054	0,123*
b. Fase generatif	a	a	a

berbeda nyata pada taraf 5%; a = tidak dapat dihitung karena nilai korelasi lebih dari 1 atau -1.

al. (2011), luas area daun terutama pada daun bendera pada tanaman sorgum, memiliki kontribusi terhadap pembentukan formasi morfologi biji sorgum, yang mana hal ini berpengaruh terhadap maksimalnya pengisian biji pada malai sorgum yang berdampak terhadap banyaknya biji dalam satu malai. Semakin luas area daun, semakin efektif pula proses fotosintesis yang dilakukan, hal ini berdampak terhadap kuantitas biji pada tanaman sorgum. Pernyataan ini didukung oleh Bhatt (1995) yang menguji pengaruh indeks luas daun terhadap peningkatan bobot kering daun dan biji pada *fodder* sorgum.

Karakter warna daun pada fase generatif dan fase panen menunjukkan korelasi terhadap seluruh karakter hasil, korelasi negatif ditunjukkan oleh karakter warna daun fase panen terhadap karakter bobot 1.000 biji dan bobot biji per plot. Karakter kandungan klorofil fase vegetatif juga menunjukkan korelasi positif terhadap karakter bobot biji per malai dan bobot biji per plot. Hal ini sejalan dengan sifat *stay green* pada tanaman sorgum, yang mampu menunda proses penuaan atau *senescence* ketika memasuki masa pengisian biji. Diduga dari genotip sorgum yang diuji, beberapa diantaranya ada yang memiliki sifat *stay green*, ditunjukkan dengan kemampuan genotip tersebut tetap mempertahankan warna hijau daunnya setelah memasuki fase generatif hingga masa panen. Korelasi antara karakter warna daun terhadap hasil juga dilaporkan oleh Borrel *et al.* (2000), yang menyatakan bahwa pentingnya menjaga karakter *stay green* saat proses pengisian biji. Sifat *stay green* pada tanaman sorgum sangat membantu menjaga hasil tetap maksimal, karena sifat *stay green* merupakan mekanisme pertahanan tanaman sorgum dari kurangnya air disaat proses pengisian biji. Karakter daun merupakan karakter penting untuk menjaga potensi hasil tanaman sorgum (Long *et al.*, 2006), karena energi diolah melalui proses fisiologis agar hasil tetap maksimal.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian, variabilitas genetik yang luas ditunjukkan oleh seluruh karakter pengamatan kecuali untuk karakter jumlah daun, lebar daun, dan kandungan klorofil pada fase generatif. Korelasi positif ditunjukkan oleh karakter bobot biji per malai terhadap jumlah daun, lebar daun, warna daun fase generatif dan panen, serta kandungan klorofil fase vegetatif. Karakter bobot 1.000 biji menunjukkan korelasi positif terhadap karakter lebar daun dan warna daun fase generatif. Korelasi positif juga ditunjukkan oleh karakter bobot biji per plot terhadap karakter jumlah daun, lebar

daun, warna daun fase vegetatif, dan kandungan klorofil fase vegetatif. Dapat ditarik kesimpulan bahwa beberapa karakter daun berkontribusi terhadap karakter hasil pada tanaman sorgum. Karakter warna daun dan kandungan klorofil yang berkaitan dengan sifat *stay green*, merupakan karakter penting untuk membantu memaksimalkan hasil pada saat proses pengisian biji.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Bunga Anriztyas yang telah menyediakan data lapang. Terima kasih juga kami sampaikan pada Universitas Padjadjaran yang telah menyediakan dana penelitian melalui Dana DIPA BLU Universitas Padjadjaran dengan SK Rektor Nomor: 1039/UN6.RKT/KP/2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, M.A., A. Abbas, S.I. Awan, K. Jabran, and S.D.A. Gardezi. 2011. Correlated response of various morpho-physiological characters with grain yield in sorghum landraces at different growth phases. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 21(4):671-679.
- Ali, M.A., A. Abbas, S. Nias, M. Zulkiffal, and S. Ali. 2009. Morpho-physiological criteria for drought tolerance in sorghum (*Sorghum bicolor* L.) at seedling and post-anthesis stages. *Int. J. Agric. Biol.* 12:509-515.
- Anas and T. Yoshida. 2004. Genetic Diversity Evaluated by Simple Sequence Repeat (SSR) Markers and Phenotypic Performance. *Plant Prod. Sci.* 7:301-308.
- Anas. 2011. Pengembangan Sorgum Sebagai Basis Pengembangan Produk Makanan Berbasis Tepung. Seminar Nasional dan Pameran Integratif Pangan. Unpad.
- Anderson, R.L. and T.A. Bancroft. 1952. Statistical Theory in Research. Mc. Graw Hill Book Co., New York.
- Borrell, K. Andrew, G.L. Hammer, and R.G. Henzell. 2000. Does maintaining green leaf area in sorghum improve yield under drought? II. Dry matter production and yield. *Crop Sci.* 40:1037-1048.
- Chanda, S.V., A.K. Joshi, P.P. Vaishnav, and Y.D. Singh. 1985. Leaf area determination in pearl millet using linear measurements-area and matter area relationship. *Photosynthetica* 19(3):424-427.
- Chinnamuthu, C.R., C. Kailasam, and S. Sankaran. 1989. Sorghum leaf area as a function of sixth leaf area. *J. Agronomy & Crop Sci.* 162:300-304.
- Deepalakshmi, A.J. and K. Ganesamurthy. 2007. Studies On Genetic Variability And Character Association In Kharif Sorghum. *Indian J. Agric. Res.*, 41(3):177-182.
- Duncan, R.R., A.J. Bockholt, and F.R. Miller. 1981. Descriptive comparison of senescent and non-senescent sorghum genotypes. *Agronomy Journal* 73:849-853.
- Elmore, C.D. 1980. The paradox of no correlation between leaf photosynthetic rates and crop yields. In J.D. Hesketh and J.W. Jones (Eds.) Predicting photosynthesis for ecosystem models. vol. 2. CRC Press, Boca Raton, Fla. p. 155-167.
- Evans, L.T. 1975. The physiological basis of crop yield. In: Evans L.T. (Eds.) Crop physiology Cambridge University Press, London-New York-Melbourne. p. 327-355
- FAOSTAT. 2012. Value of Agricultural Production. Available online at <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor> (Diakses tanggal 22 Maret 2012).
- Harish, K.T. 2007. Influence Of Stages And Levels Of Defoliation On Plant Growth And Seed Yield In Sweet Sorghum (Cv. Ssv-74). Thesis. Department Of Seed Science And Techonology College Of Agriculture, Dharwad University Of Agricultural Sciences.
- ICRISAT, IBPGR. 1993. Descriptor for sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). International Board of Plant Genetic Resources, Rome, Italy; International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India.

- Kassahun, B., F.R. Bidinger, C.T. Hash, and M.S. Kuruvashetti. 2010. Stay-green expression in early generation sorghum (*Sorghum bicolor* L.) QTL introgression lines. *Euphytica* 172:351-36.
- Long, S.P., G.Z. Xin, L.N. Shanwa, and R.O. Donald. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell and Environment*, 29:315-330.
- Mahajan, R.C., P.B. Wadikar, S.P. Pole, and M.V. Dhuppe. 2011. Variability, Correlation and Path Analysis Studies in Sorghum. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 2(1):101-103.
- Manonmani, S., M. Suresh, and A.K.F. Khan. 2002. Genetic variability and correlation studies in red grain sorghum hybrids under rainfed condition. *Madras Agric. J.* 89(1-3):85-88.
- Moss, D.N. and R.B. Musgrave. 1971. Photosynthesis and crop production. *Advance in Agronomy* 24:317-334.
- Rosenow, D.T., J.E. Quisenberry, C.E. Wendt, and L.E. Clark. 1983. Drought tolerant sorghum and cotton germplasm. *Agric. Water. Manag.* 7:207-222.
- Rosenow, D.T. and L.E. Clark. 1981. Drought tolerance in sorghum. In Proceedings of 36th Annual Corn and Sorghum Industry Research Conference (Loden, H.D. and D. Wilkinson) (Eds.) Washington, DC, USA: American Seed Trade Association. p. 18-31.
- Singh, R.K. and B.D. Chaudhary. 1979. Biometrical methods in quantitative genetic analysis. Revised Edition. Kalyani Publishers. New Delhi.
- Sleper, D.A. and J.M. Poehlman. 2006. Breeding Field Crops. Fifth Edition. Van Nostrand Reinhold. New York.
- Stickler, F.C. and A.W. Pauli. 1961. Leaf Removal in Grain Sorghum. I. Effects of Certain Defoliation Treatments on Yield and Components of Yield. *Am. Soc. of Agr.* 53(2):99-102.