

**KERAGAAN HASIL DAN TOLERANSI GENOTIPE KACANG HIJAU
TERHADAP PENAUANGAN**

***YIELD PERFORMANCE AND TOLERANCE OF MUNGBEAN GENOTYPES
TO SHADING***

Titik Sundari¹, Soemartono², Tohari² dan W. Mangoendidjojo²

ABSTRACT

Competition for light radiation is one of the factors causing highly yield reduction in the intercropped mungbean. Using tolerant genotype is an alternative to get small yield lose. The aim of the experiment was to study the yield performance and tolerance of five genotypes of mungbean to shading. The experiment was conducted at Station research of ILETRI (Indonesian Legume and Tuber Crops Research Institute) of Malang, from February to May 2004. Five genotypes of mungbean (VC2768B, Kenari, Local Wongsorejo, Nuri and MLG 431) were tested in four shading levels (0, 25, 50 and 75%). The treatment was arranged according to Randomized completely block design with three replications. Data was analyzed by combining analysis across shading levels. The tolerance was judged based on tolerance index to stress. Result of the experiment showed that yield performance of mungbean of 75% shading level was 34.01% and 65.21% lower than those of 50% and 25% shading levels. Mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance index (STI) were good indicators to identify mungbean genotypes with high yield and tolerance to shading. VC2768B, Kenari and Local Wongsorejo were genotypes tolerance to level of shading up to 75%.

Key words: Mungbean, yield, tolerance and shading.

INTISARI

Persaingan cahaya merupakan salah satu faktor penyebab tingginya penurunan hasil kacang hijau pada sistem tumpangsari. Penggunaan genotipe toleran merupakan salah satu cara untuk memperkecil kehilangan hasil. Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaan hasil dan toleransi lima genotipe kacang hijau terhadap penauangan. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Balitkabi, Malang pada bulan Februari hingga Mei 2002. Lima genotipe kacang hijau (VC2768B, Kenari, Nuri, Lokal Wongsorejo dan MLG 431) diuji pada empat tingkat penauangan (0, 25, 50 dan 75%). Perlakuan disusun berdasarkan rancangan Acak Kelompok Lengkap, tiga ulangan. Data dianalisis secara gabungan dari empat tingkat penauangan. Toleransi dinilai berdasarkan indeks toleransinya terhadap cekaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keragaan hasil kacang hijau pada penauangan 75% lebih rendah dari penauangan 50% dan 25%, masing-masing 34,01% dan 65,21%. Hasil rata-rata (MP), rata-rata hasil geometrik (GMP) dan indeks toleransi

¹ Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang

² Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

terhadap cekaman (STI) merupakan tolok ukur yang baik untuk memilih genotipe kacang hijau berpotensi hasil tinggi toleran pencahayaan. Genotipe VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo toleran terhadap pencahayaan hingga 75%.

Kata kunci: Kacang hijau, hasil, toleransi dan pencahayaan.

PENDAHULUAN

Tanaman kacang hijau merupakan tanaman C3 yang mempunyai tingkat kejenuhan cahaya lebih rendah dibandingkan dengan tanaman C4. Sehingga tanaman ini mempunyai peluang yang baik untuk dikembangkan pada kondisi intensitas cahaya rendah seperti tumpangsari, baik dengan tanaman pangan seperti jagung, ubikayu maupun dengan tanaman perkebunan terutama di bawah tanaman perkebunan yang masih muda. Menurut Buranatham *et al.*, (1992), lahan perkebunan dapat dimanfaatkan sebagai lahan tanaman pangan, paling tidak untuk tiga tahun pertama.

Masalah yang selalu dihadapi dalam sistem tumpangsari adalah adanya persaingan dalam mendapatkan unsur hara, air, ruang tumbuh dan cahaya. Cahaya matahari merupakan salah satu faktor pembatas produksi pada tanaman kacang hijau. Cahaya matahari merupakan sumber energi utama untuk fotosintesis dan kekurangan cahaya mengakibatkan terganggunya metabolisme tanaman, terjadinya perubahan bentuk dan struktur tanaman (Weaver dan Clements, 1986).

Hasil penelitian pada sistem tumpangsari tanaman pohon dengan kacang hijau, jagung dan pechai menunjukkan bahwa kacang hijau mempunyai adaptasi yang lebih baik terhadap pencahayaan tanaman pohon dibandingkan dengan jagung dan pechai (Katayama *et al.*, 1998). Pada penelitian Mejaya *et al.*, (1989), penurunan hasil kacang hijau pada tumpangsari jagung dengan kacang hijau beragam, dengan kisaran antara 1-44%. Menurut Sangakkara (1988), persaingan cahaya merupakan salah satu faktor penyebab tingginya penurunan hasil kacang hijau pada sistem tumpangsari.

Upaya yang perlu dilakukan untuk mengisi peluang tersebut di atas adalah dengan mengembangkan dan merakit suatu genotipe unggul kacang hijau toleran pencahayaan. Tersedianya genotipe kacang hijau toleran pencahayaan dapat memperkecil kehilangan hasil kacang hijau pada sistem tumpangsari.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui keragaan hasil dan toleransi lima genotipe kacang hijau terhadap pencahayaan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian merupakan penelitian pot yang dilaksanakan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) pada bulan Februari – Mei 2004. Lima genotipe kacang hijau (VC2768B, Kenari, Lokal Wongsorejo, Nuri, dan MLG 431) diuji pada empat tingkat pencahayaan, yaitu 0, 25, 50 dan 75%. Naungan yang digunakan adalah naungan buatan (paranet hitam). Pada setiap tingkat pencahayaan, perlakuan disusun berdasarkan Rancangan Acak Kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan pencahayaan disiapkan sebelum tanam dengan ketinggian tiang 1,8 m. Intensitas sinar yang diterima tanaman diukur dengan menggunakan Lux meter.

Setiap pot diisi dengan 6 kg tanah kering angin dan ditanami dengan lima butir benih kacang hijau dan dipertahankan menjadi dua tanaman per polibag pada umur 10 hst. Pemupukan dilakukan pada saat tanam dengan takaran 0,15 g Urea + 0,15 g KCl + 0,30 g SP36/pot masing-masing setara dengan 50 kg Ha⁻¹ Urea + 50 kg Ha⁻¹ KCl + 100 kg Ha⁻¹ SP36. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan setiap tiga hari sekali.

Hasil polong dan hasil biji per tanaman digunakan sebagai tolok ukur. Data yang terkumpul dianalisis dengan menggunakan analisis ragam gabungan. Untuk membedakan dua nilai tengah perlakuan digunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Sedangkan penilaian terhadap toleransi genotipe kacang hijau terhadap pencahayaan dilakukan berdasarkan nilai parameter seleksi menurut Rosielle dan Hamblin (1981), Fischer dan Maurer (1978) dan Fernandez (1993), sebagai berikut:

1. Intensitas cekaman lingkungan (SI) = $\left(1 - \frac{Y_s}{Y_p}\right)$ yang bernilai 0-1. Semakin besar nilai SI, semakin besar pula intensitas cekaman lingkungan yang diterima tanaman.
2. Hasil rata-rata (MP) = $\frac{(Y_s + Y_p)}{2}$
3. Rata-rata hasil geometrik (GMP) = $\sqrt{(Y_s \times Y_p)}$
4. Toleransi terhadap cekaman (TOL) = $(Y_p - Y_s)$
5. Indeks kepekaan terhadap cekaman (SSI) = $\frac{\left(1 - \frac{Y_s}{Y_p}\right)}{SI}$
6. Indeks toleransi terhadap cekaman (STI) = $\frac{(Y_p)(Y_s)}{(Y_p)^2}$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penaungan mengakibatkan perubahan terhadap cahaya matahari yang diterima tanaman, baik intensitas maupun kualitasnya. Pengaruh cahaya terhadap tanaman sangat kompleks, yaitu mempengaruhi proses fotokomia dan juga bentuk dan ukuran tanaman (Woodward dan Sheely, 1983), sehingga akan berpengaruh terhadap hasil akhir tanaman.

Analisis ragam gabungan menunjukkan bahwa interaksi antara genotipe dengan tingkat pencahayaan nyata untuk bobot kering biji, jumlah polong dan bobot kering polong. Interaksi antara tingkat pencahayaan dengan genotipe terhadap hasil biji disajikan pada tabel 1.

Keragaan hasil kacang hijau dipengaruhi oleh tingkat pencahayaan. Semakin tinggi tingkat pencahayaan, keragaan hasil semakin rendah. Keragaan hasil genotipe kacang hijau pada tingkat pencahayaan 75% lebih rendah dari pencahayaan 50% dan 25%, masing-masing sebesar 34,01% dan 65,21%. Pencahayaan 75%, disamping menurunkan hasil biji juga mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan tanaman (Ariffin, 1988). Hasil biji genotipe

kacang hijau tanpa naungan tidak menunjukkan perbedaan nyata kecuali untuk genotipe MLG 431. Hasil biji tertinggi pada penaungan 25%, 50% dan 75% masing-masing dicapai genotipe Lokal Wongsorejo, VC2768B dan Kenari.

Tabel 1. Bobot kering biji lima genotipe kacang hijau pada tingkat penaungan yang berbeda. Malang, 2004.

Genotipe	Bobot kering biji (g/tanaman) pada tingkat penaungan			
	0%	25%	50%	75%
VC2768B	5,29 a	4,54 bc	2,50 e	1,51 gh
Kenari	5,09 ab	3,75 d	2,27 ef	1,87 fg
Nuri	4,94 ab	3,69 d	2,18 ef	1,02 h
L, Wongsorejo	5,14 ab	5,06 ab	1,92 efg	1,75 fg
MLG 431	4,12 cd	3,85 d	1,96 efg	1,01 h
BNT 5%	0,61			

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji beda nyata terkecil (BNT) 5%

Secara umum genotipe VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo memiliki potensi penurunan hasil biji yang lebih kecil dibandingkan Nuri dan MLG 431 pada penaungan 75% (tabel 1). Besarnya penurunan hasil biji berkaitan erat dengan berkurangnya jumlah polong dan bobot kering polong per tanaman masing-masing dengan koefisien korelasi 0,66** dan 0,99**. Hal serupa juga terjadi pada penelitian yang dilakukan Katayama *et al.* (1998) dan Phoelman (1991).

Jumlah polong varietas Nuri nyata lebih banyak dibandingkan dengan empat genotipe lainnya (tabel 2).

Tabel 2. Jumlah polong lima genotipe kacang hijau pada tingkat penaungan yang berbeda. Malang 2004.

Genotipe	Jumlah polong /tanaman pada tingkat penaungan				
	0%	25%	50%	75%	Rerata
VC2768B	7,3 cd	6,0 efg	5,0 gh	2,7 kl	5,25
Kenari	7,0 de	5,7 fg	4,3 hi	3,0 jkl	5,00
Nuri	14,0 a	11,7 b	8,3 c	4,3 hi	9,58
L, Wongsorejo	7,3 cd	7,3 cd	4,0 hij	3,7 ijk	5,58
MLG 431	7,0 de	6,3 def	4,0 hij	2,0 l	4,83
Rerata	8,5	7,4	5,1	3,1	6,05

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Beda nyata terkecil (BNT) 5%

Berkurangnya radiasi akibat penaungan mengakibatkan jumlah polong kelima genotipe juga berkurang. Hal ini disebabkan karena terganggunya proses fotosintesis yang berakibat pada berkurangnya fotosintat yang dialokasikan untuk pembentukan polong. Hasil serupa juga dicapai pada penelitian Katayama *et al.* (1998), yang menyatakan bahwa penaungan 75% mengakibatkan jumlah polong berkurang 86,36%.

Dari telaah karakter jumlah polong yang merupakan ukuran pengguna fotosintat nyata bahwa varietas Nuri secara genetik lebih unggul akan tetapi tidak lebih adaptif terhadap penaungan dibandingkan dengan VC2768B, Kenari maupun Lokal Wongsorejo.

Pengurangan bobot kering polong berkaitan dengan berkurangnya jumlah polong dan ukuran polong. Jumlah polong yang dihasilkan varietas Nuri lebih banyak dibandingkan dengan genotipe yang lain, namun demikian ukuran polongnya lebih kecil dari VC2768B, Kenari maupun Lokal Wongsorejo demikian juga dengan genotipe MLG 431. Bobot kering polong VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo nyata lebih tinggi bila dibandingkan dengan Nuri dan MLG 431 pada kondisi penaungan 75%.

Ukuran pengguna fotosintat selain jumlah polong adalah bobot kering polong per tanaman. Semakin besar tingkat penaungan, bobot kering polong per tanaman semakin berkurang (tabel 3).

Tabel 3. Bobot kering polong lima genotipe kacang hijau pada tingkat penaungan yang berbeda, Malang 2004.

Genotipe	Bobot kering polong (g/tanaman) pada tingkat penaungan				
	0%	25%	50%	75%	Rerata
VC2768B	6,90 a	5,83 bc	3,23 f	1,88 ij	4,46
Kenari	6,53 ab	4,83 de	3,07 fg	2,32 hi	4,19
Nuri	6,52 ab	4,56 e	2,83 fgh	1,34 j	3,81
L, Wongsorejo	6,50 ab	6,24 ab	2,36 ghi	2,17 hi	4,12
MLG 431	5,35 cd	4,83 de	2,54 fghi	1,30 j	3,51
Rerata	6,36	5,26	2,81	1,80	4,06

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris dan kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji beda nyata terkecil (BNT) 5%

Penaungan 25%, 50% dan 75% masing-masing menimbulkan intensitas cekaman 0,15; 0,56 dan 0,71 yang tergolong ringan, sedang dan berat. Toleransi masing-masing genotipe terhadap setiap intensitas cekaman berbeda (tabel 4).

Toleransi genotipe kacang hijau terhadap penaungan ditentukan berdasarkan nilai MP, GMP dan STI. Genotipe toleran adalah genotipe dengan nilai MP, GMP dan STI tinggi. Dimana semakin tinggi nilai STI suatu genotipe, semakin tinggi potensi hasil dan toleransi genotipe tersebut terhadap cekaman. Genotipe VC2768B dan Lokal Wongsorejo merupakan genotipe yang toleran terhadap intensitas cekaman ringan. Genotipe yang toleran terhadap intensitas cekaman sedang adalah genotipe VC2768B dan Kenari, sedangkan genotipe yang toleran terhadap intensitas cekaman berat adalah genotipe VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo. Dengan kata lain, ketiga genotipe tersebut toleran terhadap penaungan hingga 75%. Sedangkan MLG 431 dan Nuri merupakan genotipe yang rentan terhadap penaungan. Hasil pengujian yang dilakukan Hakim (1991) dan Chotechuen (1996), menunjukkan bahwa genotipe VC2768B merupakan genotipe yang sesuai untuk sistem tumpangsari dan toleran terhadap penaungan hingga 70%. Hasil seleksi yang dilakukan Kasno *et al.* (1997) menunjukkan bahwa genotipe MLG 431 tidak toleran terhadap penaungan.

Tabel 4. Perhitungan parameter seleksi genotipe kacang hijau di bawah intensitas cekaman yang berbeda. Malang, 2004.

Intensitas cekaman ringan (0,15)								
Genotipe	Y_p	Y_s	MP	GMP	TOL	SSI	STI	KH %
VC2768B	5.29	4.54	4.91	2.81	0.75	0.90	0.99	13.46
Kenari	5.09	3.75	4.42	3.08	1.34	1.75	0.79	26.31
Nuri	4.94	3.69	4.32	2.25	1.25	1.69	0.76	25.32
L.Wongsorejo	5.14	5.06	5.10	2.99	0.08	0.04	1.07	0.58
MLG 431	4.12	3.85	3.99	2.03	0.27	0.43	0.66	6.38
Rata-rata	4.92	4.18	4.55	2.63	0.74	0.96	0.85	14.41
Intensitas cekaman sedang (0,56)								
Genotipe	Y_p	Y_s	MP	GMP	TOL	SSI	STI	KH %
VC2768B	5.29	2.50	3.90	4.89	2.79	0.93	0.54	52.09
Kenari	5.09	2.27	3.68	4.35	2.82	0.99	0.48	55.37
Nuri	4.94	2.18	3.56	4.27	2.76	1.00	0.44	55.79
L.Wongsorejo	5.14	1.92	3.53	5.09	3.22	1.11	0.41	62.29
MLG 431	4.12	1.96	3.04	3.98	2.17	0.93	0.33	52.14
Rata-rata	4.92	2.17	3.54	4.52	2.75	0.99	0.44	55.536
Intensitas cekaman berat (0,71)								
Genotipe	Y_p	Y_s	MP	GMP	TOL	SSI	STI	KH %
VC2768B	5.29	1.51	3.4	3.62	3.78	1.01	0.33	71.44
Kenari	5.09	1.87	3.48	3.4	3.22	0.89	0.39	63.28
Nuri	4.94	1.02	2.98	3.27	3.92	1.12	0.21	79.3
L.Wongsorejo	5.14	1.75	3.44	3.14	3.39	0.92	0.37	65.66
MLG 431	4.12	1.01	2.57	2.84	3.11	1.06	0.17	75.21
Rata-rata	4.92	1.43	3.17	3.25	3.48	1.00	0.29	70.98

Keterangan: Genotipe yang dicetak dengan huruf tebal merupakan genotipe toleran terhadap penaungan

Y_p : Hasil genotipe tanpa penaungan; Y_s : hasil genotipe pada perlakuan enaungan

MP: rata-rata hasil dari kedua lingkungan; GMP: rata-rata hasil geometrik

TOL: toleransi; SSI: indeks kepekaan terhadap cekaman

STI: indeks toleransi terhadap cekaman; KH: kehilangan hasil

Analisis korelasi antara hasil dengan parameter seleksi diketahui bahwa MP, GMP dan STI merupakan tolok ukur yang baik untuk memilih genotipe kacang hijau yang toleran terhadap penaungan (tabel 5). Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Kasno *et al.* (1997) dan Fernandez (1993).

Genotipe VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo, pada kondisi cekaman mampu memberikan hasil biji per tanaman yang lebih tinggi bila dibandingkan genotipe MLG 431 maupun Nuri.

Tabel 5. Korelasi antara parameter seleksi (MP, GMP, TOL, SSI dan STI) dengan hasil genotipe kacang hijau di bawah intensitas cekaman yang berbeda. Malang, 2004.

		Intensitas cekaman ringan					
	YP	YS	MP	GMP	TOL	SSI	STI
YP	1	0,261 ^m	0,740 ^{**}	0,697 ^{**}	0,486 ^m	0,419 ^m	0,692 ^{**}
YS		1	0,842 ^{**}	0,873 ^{**}	-0,717 ^{**}	-0,765 ^{**}	0,874 ^{**}
		Intensitas cekama sedang					
	YP	YS	MP	GMP	TOL	SSI	STI
YP	1	0,141 ^m	0,880 ^{**}	0,664 ^{**}	0,842 ^{**}	0,539 [*]	0,663 [*]
YS		1	0,593 [*]	0,832 ^{**}	-0,416 ^m	-0,752 ^{**}	0,854 ^{**}
		Intensitas cekama berat					
	YP	YS	MP	GMP	TOL	SSI	STI
YP	1	0,490	0,893 ^{**}	0,693 ^{**}	0,663 ^{**}	-0,153 ^m	0,682 ^{**}
YS		1	0,829 ^{**}	0,967 ^{**}	-0,328 ^m	-0,935 ^{**}	0,969 ^{**}

Keterangan: Y_p: Hasil genotipe tanpa penaungan; Y_r: Hasil genotipe pada perlakuan penaungan
 MP: Rata-rata hasil dari kedua lingkungan; GMP: rata-rata hasil geometrik
 TOL: toleransi; SSI: indeks kepekaan terhadap cekaman
 STI: Indeks toleransi terhadap cekaman; KH: kehilangan hasil

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

1. Keragaan hasil biji kacang hijau pada penaungan 75% lebih rendah dari penaungan 50% dan 25%, masing-masing 34,01% dan 65,21%.
2. MP, GMP dan STI merupan tolok ukur yang baik untuk memilih genotipe kacang hijau berpotensi hasil tinggi dan toleran penaungan.
3. Genotipe VC2768B, Kenari dan Lokal Wongsorejo toleran terhadap penaungan hingga 75%.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariffin. 1988. Pengelolaan naungan dalam pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.). *Agrivita*. 11:17-20.
- Buranatham, W.S., Kongsripun, and D. Shugamnert. 1992. *Recent Advances in Multiple Cropping with Hevea in Southern Thailand*. Paper presented at 7th ANRPC Seminar. Hat Yai. Thailand. 11p.
- Chotechuen, S. 1996. Breeding of mungbean for resistance to various environmental stresses. pp. 52-59. In: P.Srinives, C. Kitbamroong and S. Miyazaki (Eds.) *Mungbean Germplasm: Collection, Evaluation and Utilization for Breeding Program*. JIRCAS, Japan.
- Fernandez, G.C.J. 1993. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp. 257-270. In: C.G. Kuu (ed.) *Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Proc. of an Inter. Sym., Taiwan, 13-18 August 1992*. AVRDC.

- Fischer, R.A. , and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. *Austral. J. Agr. Res.* 29:897-917.
- Hakim, L. 1991. Hasil galur kacang hijau terhadap cara tanam monokultur dan tumpangsari pada lahan kering tegalan. Seminar Hasil Penelitian Tanaman Pangan Balitan Bogor. pp.531-538.
- Hendroatmodjo, K.H. 1995. Analisis Stabilitas Beberapa Karakter Kuantitatif dan Ciri Kegenetikaan Genotipee Kacang Hijau dalam Tumpangsari dengan Jagung. Disertasi S3 Universitas Padjadjaran, Bandung. (Tidak dipublikasikan). 211p
- Kasno, A., N. Nugrahaeni, J. Purnomo, Trustinah, R. Suhendi, dan M. Anwari. 1997. Parameter seleksi galur unggul kacang tanah dan kacang hijau pada cara tanam tunggal dan tumpangsari dengan jagung. Edisi Khusus Balitkabi. 9:237-252.
- Katayama, K., L.U. de la Cruz, S. Sakurai, and K. Osumi. 1998. Effect of shelter trees on growth and yield of pechai (*Brassica chinensis* L.), mungbean (*Vigna radiate* L.) and maize (*Zea mays* L.). *JARQ*. 32(2):139-144.
- Mejaya, I.M.J., A. Kasno, dan M.M. Adie. 1989. Evaluasi hasil dan adaptasi genotipe kacang hijau di lingkungan monokultur dan tumpangsari dengan jagung. Penelitian Palawija. 4(2):135-141.
- McIntosh, M.S. 1983. Analysis of Combined Experiments. *Agron. J.* 75:153-155.
- Poehlman, J.M. 1991. The Mungbean. Oxford & IBH Publishing Co. New Delhi. India. 375p
- Rosielle, A.A., and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crops Sci.* 21:943-946.
- Sangkara, U.R. 1988. Mungbean as a component of annual mixed cropping system. pp.406-411. In. S. Shanmugasundaram (ed.). Mungbean. Proc. Of the Second International Symposium. Bangkok, Thailand. 16-60 November 1987. AVRDC. Shanhua, Tainan.
- Weaver, J.E., and F.E. Clements. 1986. Plant Ecology. 2nd Edition. Tata McGraw-Hill Publishing Company, Ltd. New Delhi.
- Woodward, F.I. and J.E. Sheely. 1983. Principles and Measurements in Environmental Biology. Butterworth & Co (Publishers) Ltd. 263p.