

PERBAIKAN DAYA HASIL DAN KETAHANAN KACANG HIJAU TERHADAP HAMA KUMBANG BUBUK MELALUI PERSILANGAN ANTAR SPESIES

Lestari Ujianto, Nur Basuki, Kuswanto, Astanto Kasno

^{*)} Fakultas Pertanian Universitas Mataram, Jl. Majapahit 62 Mataram NTB,
ujianto_1@yahoo.com

^{**)}, Universitas Brawijaya Malang, ^{***)} Balitkabi Kendalpayak Malang

ABSTRAK: Persilangan antar spesies kacang hijau dan kacang uci telah berhasil dilakukan. Kacang uci memiliki keunggulan yaitu tahan terhadap hama kumbang bubuk dan jumlah polongnya banyak. Dengan persilangan antar spesies ini dapat memperbaiki daya hasil dan ketahanan kacang hijau terhadap hama kumbang bubuk. Penelitian ini terdiri atas 4 tahap kegiatan yaitu: 1) persilangan antar spesies kacang hijau dengan kacang uci, 2). evaluasi dan seleksi beberapa populasi keturunan persilangan (F1) berdasarkan daya hasil dan ketahanan terhadap hama kumbang bubuk. Evaluasi dilakukan terhadap komponen hasil dan hasil, dan ketahanan terhadap kumbang bubuk menggunakan metode Chiang dan Talekar. Hasil dari penelitian ini adalah bahwa : 1). Terjadi perbaikan daya hasil dan ketahanan terhadap hama kumbang bubuk pada populasi hasil persilangan antara kacang hijau dan kacang uci. 2). Tingkat daya silang antara varietas yang satu dengan yang lainnya berbeda. Varietas Manyar dan Sampeong memiliki daya silang terhadap kacang uci dibandingkan dengan varietas Vima dan Merak, 3). Karakteristik populasi keturunan hasil persilangan berada diantara kedua tetuanya.

Kata kunci: persilangan antar spesies, kacang hijau, daya hasil, kumbang bubuk

PENDAHULUAN

Kacang hijau (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) merupakan salah satu tanaman kacang-kacangan utama di Indonesia sehingga perlu mendapat perhatian. Tanaman ini memiliki beberapa keunggulan

antara lain nilai gizi dan kandungan proteinnya yang tinggi dan umur panennya relatif genjah. Kandungan proteinnya berkisar antara 20 – 30 %, daya cernanya lebih tinggi dan gas dalam perut lebih rendah dibandingkan tanaman lainnya sehingga cocok untuk bahan

makanan segala umur mulai bayi sampai orang lanjut usia (Arshad *et al.*, 2009; Fery, 2002). Disamping keunggulannya, kacang hijau memiliki kelemahan yaitu hasilnya masih rendah 1,072 ton/ha (Badan Pusat Statistik, 2009) dan rentan terhadap hama kumbang bubuk. Oleh karena itu perlu upaya-upaya untuk meningkatkan hasil dan ketahanan terhadap hama penting melalui program pemuliaan tanaman.

Dalam rangka perakitan varietas unggul baru kacang hijau yang memiliki daya hasil tinggi dan tahan terhadap hama kumbang bubuk, pemulia perlu sumber gen yang mengendalikan sifat tersebut untuk digunakan sebagai tetua. Kacang uci (*Vigna umbellata* (Thunb) Ohwi dan Ohashi) memiliki keunggulan yang tidak dimiliki kacang hijau yaitu memiliki jumlah polong per tanaman yang banyak dan tahan terhadap kumbang bubuk. Jumlah

polong merupakan komponen utama hasil, dengan perbaikan jumlah polong akan memperbaiki hasil selama komponen lain dapat dipertahankan. Oleh karena itu kacang uci ini cocok digunakan sebagai tetua donor untuk merakit varietas unggul kacang hijau yang berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap kumbang bubuk. Untuk itu persilangan antar spesies kacang hijau dan kacang uci ini perlu dilakukan untuk menggabungkan keunggulan dari kedua tanaman dalam keturunannya disamping untuk memperbesar keragaman genetik terhadap sifat yang diinginkan (Thiyagu, Jayaman, dan Nadarajan, 2008; Somta, Talekar dan Srinives, 2006).

Salah satu hal yang sangat penting dalam program pemuliaan tanaman yaitu adanya keragaman genetik terhadap sifat yang akan diperbaiki, karena tanpa adanya keragaman maka sulit didapatkan kemajuan genetiknya. Oleh karena

itu upaya-upaya untuk meningkatkan keragaman genetik perlu terus dikembangkan. Salah satu caranya yaitu dengan hibridisasi baik dalam spesies yang sama maupun antar spesies yang berbeda asalkan masing-masing tetuanya memiliki keunggulan karakter yang diinginkan. Untuk merakit varietas unggul kacang hijau yang berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap hama kumbang bubuk maka perlu adanya keragaman genetik terhadap sifat tersebut. Kacang uci yang masih satu genus dan memiliki jumlah kromosom yang sama dengan kacang hijau yaitu $2n = 2x = 22$ memiliki potensi untuk menjadi sumber gen dalam perbaikan karakter hasil dan ketahanan terhadap hama kumbang bubuk. Kacang uci memiliki karakteristik jumlah polongnya banyak, relatif tahan terhadap hampir semua hama dan beberapa penyakit, toleran terhadap kondisi lingkungan yang

kurang menguntungkan misalnya lahan kering dan lahan masam (Rahim, *et al.*, 2010, Machado, *et al.*, 1982, Gopinathan dan Babu, 1986). Jumlah polong merupakan komponen utama daya hasil kacang hijau dan memiliki korelasi genotipik yang positif nyata dengan hasil serta memiliki ragama aditif yang tinggi. Dengan demikian diharapkan bahwa dengan perbaikan jumlah polong akan memperbaiki daya hasil. Oleh karena itu untuk menggabungkan keunggulan sifat dari kacang hijau dan kacang uci perlu dilakukan persilangan antar spesies.

Dengan informasi-informasi ini pemulia dapat mengetahui karakteristik populasi yang terbentuk akibat persilangan antar spesies kacang hijau dengan kacang uci. Dengan demikian pemulia dapat mengambil langkah-langkah yang tepat untuk kegiatan pemuliaan berikutnya dalam rangka merakit varietas kacang hijau yang

berdaya hasil tinggi dan tahan terhadap hama kumbang bubuk. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memperbaiki daya hasil dan ketahanan kacang hijau terhadap hama kumbang bubuk melalui persilangan antar spesies dengan kacang uci.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini terdiri atas dua tahap kegiatan yaitu: 1) persilangan antar spesies kacang hijau yang memiliki hasil tinggi tetapi rentan terhadap kumbang bubuk (P1) dengan kacang uci (P2) yang memiliki ketahanan terhadap hama kumbang bubuk dan jumlah polong yang banyak sebagai komponen utama hasil untuk membentuk F1 yang memiliki sifat gabungan dari kedua tetua, 2). Evaluasi beberapa seri persilangan dan seleksi beberapa populasi F1Evaluasi dan seleksi untuk memilih individu ataupun populasi yang superior didasarkan pada

karakter yang berhubungan dengan daya hasil dan ketahanan terhadap kumbang bubuk. Kreteria seleksi yang digunakan meliputi jumlah polong per tanaman, jumlah biji per polong, berat biji kering per tanaman, jumlah imago, dan tingkat kerusakan akibat serangan kumbang bubuk.

Percobaan dilakukan di kebun hibridisasi dan evaluasi di Fakultas Pertanian Universitas Mataram mulai bulan Nopember 2009 hingga Juni 2010. Persilangan dalam rangka membentuk populasi F1 mengacu metode yang dilakukan oleh IITA *Research Guide 42 Hand Crossing of Cowpea* (Myers, 1996). Emaskulasi dilakukan dengan cara memotong 1/3 bagian bunga betina yang diperkirakan besoknya akan mekar. Persilangan dilakukan antara varietas unggul kacang hijau terpilih yang berdaya hasil tinggi walaupun rentan disilangkan dengan genotip kacang uci terpilih yang tahan

kumbang bubuk dan dilakukan juga resiproknya.

Evaluasi daya hasil dan ketahanan terhadap kumbang bubuk pada populasi F1 menggunakan rancangan acak kelompok lengkap dan masing-masing perlakuan diulang 4 kali. Perlakuan terdiri atas 8 seri persilangan yaitu persilangan antara 4 varietas kacang hijau (Vima-1, Merak, Manyar, dan Sampeyong) dengan 2 genotip kacang uci (kacang uci berbiji merah dan berbiji kuning) ditambah dengan tetuanya, sehingga totalnya adalah 56 unit percobaan. Evaluasi daya hasil populasi F1 terdiri atas beberapa kegiatan yaitu persiapan benih, penyiapan media tanam,

penanaman, pemeliharaan, dan pemanenan.

Data hasil pengamatan dianalisis tingkat keberhasilan persilangan, analisis keragaman dan uji lanjut DMRT dan analisis pendugaan nilai heritabilitas, serta evaluasi ketahanan terhadap hama kumbang bubuk menggunakan metode Chiang dan Talekar (1980).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari kegiatan penelitian tahap pertama mengenai hibridisasi antara 4 varietas unggul kacang hijau yang memiliki karakteristik berbeda dengan 2 genotip kacang uci yang bijinya berwarna merah dan kuning didapatkan 8 keturunan pertama. Banyaknya benih tiap hasil keturunan berbeda-beda karena tingkat keberhasilan hibridisasinya juga berbeda-beda. Tingkat keberhasilan persilangannya berkisar antara 44 % hingga 65 % . Varietas Manyar dan Sampeong

menunjukkan tingkat keberhasilan yang cukup tinggi yaitu lebih dari 63 % baik dengan kacang uci berbiji kuning maupun merah. Hal ini menunjukkan bahwa kedua varietas ini menunjukkan daya silang yang cukup tinggi dibandingkan dengan varietas Vima dan Merak. Keberhasilan persilangan ini dipengaruhi baik oleh faktor genetik maupun lingkungan. Varietas-varietas tertentu memiliki tingkat keguguran bunga yang rendah dan daya reseptif kepala putik terhadap tepung sari yang tinggi menyebabkan tingkat keberhasilan persilangan lebih tinggi. Tingkat keberhasilan ini juga dipengaruhi karena kedua tanaman ini spesiesnya berbeda sehingga sering terjadi kegagalan dalam proses pembentukan polongnya. Menurut Hadley dan Openshaw (1980), faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap keberhasilan persilangan adalah curah hujan, penyinaran matahari, temperatur dan

kelembaban udara. Disamping itu faktor ketrampilan pemulia dalam memahami biologi bunga dan ketrampilan dalam emaskulasi maupun polinasi juga berpengaruh terhadap tingkat keberhasilan persilangan.

Pada pengujian ketahanan terhadap hama kumbang bubuk menunjukkan bahwa keturunan hasil persilangan antar spesies menunjukkan tingkat ketahanan diantara kedua tetua. Tanaman kacang hijau memiliki tingkat ketahanan yang rendah yaitu antara rentan hingga agak rentan, sedangkan kacang uci menunjukkan tingkat ketahanan yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan kategori ketahanan menurut Chiang dan Talekar, dikategorikan sangat tahan, tahan, agak tahan, rentan, dan sangat rentan jika tingkat kerusakan biji berturut-turut sebesar < 11,1 %, 11,1 – 36,8 %, 36,9 – 62,6 %, 62,7 – 88,29 %, dan > 88,29% tahan Pada Tabel 1 terlihat bahwa tingkat

ketahanan keturunan persilangan antar spesies terletak diantara ketahanan kedua tetuanya. Tingkat ketahanan populasi keturunan persilangan antar spesies tertinggi dicapai oleh populasi

keturunan persilangan kacang hijau varietas Manyar dengan kacang uci yang berbiji merah dengan tingkat kerusakan biji sebesar 21 % dan tergolong tahan.

Tabel 1. Tingkat Ketahanan Keturunan Hasil Persilangan Kacang Hijau dan Kacang Uci terhadap Hama Kumbang Bubuk

No.	Populasi yang Diuji	Jumlah Telur	Jumlah Biji Rusak	Tingkat Kerusakan (%)	Ketahanan Populasi Keturunan
1	MANYAR	253	135	67.5	Rentan
2	MANYAR X RBK	213	45	22.5	Tahan
3	MANYAR X RBM	221	42	21.0	Tahan
4	MERAK	324	168	84.0	Rentan
5	MERAK X RBK	317	56	28.0	Tahan
6	MERAK X RBM	302	53	26.5	Tahan
7	SAMPEONG	271	143	71.5	Rentan
8	SAMPEONG X RBK	256	48	24.0	Tahan
9	SAMPEONG X RBM	247	51	25.5	Tahan
10	VIMA	375	148	74.0	Rentan
11	VIMA X RBK	344	56	28.0	Tahan
12	VIMA X RBM	321	59	29.5	Tahan
13	RBK	73	17	8.5	Sangat Tahan

14	RBM	78	11	5.5	Sangat Tahan
----	-----	----	----	-----	--------------

Keterangan: RBM = kacang uci berbiji merah, dan RBK = kacang uci berbiji kuning

Tingkat ketahanan terhadap kumbang bubuk antara keturunan persilangan yang satu dengan yang lainnya berbeda. Hal ini disebabkan karena tingkat ketahanan dari kedua tuanya juga berbeda. Tingkat ketahanan terhadap kumbang bubuk disamping dipengaruhi oleh faktor genetik juga dipengaruhi faktor lingkungan. Menurut Singh *et al.* (1985), faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap tingkat ketahanan adalah kadar air benih, temperatur dan kelembaban udara. Pada kadar air tertentu hama kumbang bubuk mudah menyerang yaitu pada kadar air di atas 10 %, sedangkan pada kadar air di bawah 10 hama ini jarang atau sulit menyerang. Kondisi temperatur yang optimum untuk pertumbuhan dan perkembangan hama ini adalah antara 26 – 31 °C,. Kelembaban

yang mendorong berkembangnya hama ini yaitu jika di atas 65 %.

Menurut Talekar (1997), tanaman yang rentan dan kondisi lingkungan yang mendukung akan menyebabkan terserangnya biji-biji tanaman ini dari hama kumbang bubuk, sebaliknya tanaman yang tahan dan kondisi lingkungan yang tidak mendukung akan menyulitkan hama ini menyerang dan berkembang. Dari hasil penelitian ini terdapat perubahan tingkat ketahanan populasi hasil persilangan antar spesies terhadap hama kumbang bubuk. Tingkat ketahanan populasi keturunan lebih tinggi dibandingkan tetua kacang hijau tetapi masih lebih rendah dibandingkan kacang uci.

Tabel 2. Rata-rata dan Uji Jarak Berganda Duncan untuk Hasil dan Komponen Hasil

No	Genotip	Tinggi Tanaman	Jumlah Cabang	Jumlah Biji per Polong	Jumlah Polong	Berat Biji per Tanaman
1	MANYAR x MANYAR	66.8 cde	2.3 ab	12.2 bc	27.5 abc	8.9 a
2	RBK x MANYAR	70.8 de	2.5 ab	12.7 c	38.8 c	13.0 a
3	RBM	72.8 def	2.8 ab	12.5 c	36.3 bc	13.6 a
4	MERAK x MERAK	48.5 ab	2.0 ab	10.4 a	21.8 ab	7.0 a
5	RBK x MERAK	60.0 bcd	2.3 ab	10.9 abc	26.8 abc	11.1 a
6	RBM	55.5 abc	2.0 ab	11.2 abc	25.5 abc	8.2 a
7	SAMPEONG	68.0 cde	2.5 ab	12.2 bc	25.5 abc	7.0 a
8	x RBK SAMPEONG	75.0 ef	3.5 b	12.7 c	40.8 c	13.8 a
9	x RBM SAMPEONG	73.5 def	2.8 ab	12.3 bc	35.8 bc	12.7 a
10	VIMA	45.0 a	2.3 ab	10.7 ab	17.5 a	8.3 a
11	x RBK VIMA	48.0 ab	1.8 a	11.8 abc	26.8 abc	8.4 a
12	x RBM VIMA	50.8 ab	1.8 a	11.9 abc	27.5 abc	12.3 a
13	RBK	84.5 f	3.5 b	10.9 abc	81.0 d	23.2 b
14	RBM	85.0 f	3.0 ab	10.9 abc	76.0 d	23.0 b

Karakteristik populasi keturunan persilangan antar spesies kacang hijau dengan kacang uci ini berada diantara karakteristik kedua tetuanya. Perbedaan karakteristik yang menyolok dari kedua tetuanya

yaitu jumlah polong per tanaman, tinggi tanaman, dan berat biji per tanaman. Tipe pertumbuhan kacang uci cenderung semideterminate dimana walaupun tanaman sudah berbunga pada kondisi tertentu

tanaman akan terus tumbuh dan berkembang sehingga tanamannya menjadi lebih tinggi. Menurut Maesen dan Somaatmadja (1989), keunggulan dari kacang uci disamping ketahanan terhadap beberapa hama juga mempunyai jumlah polong per tanaman yang banyak sehingga sangat potensial digunakan sebagai tetua untuk meningkatkan produksi. Jumlah polong per tanaman merupakan komponen hasil yang penting dan umumnya berkorelasi positif nyata dengan hasil atau berat biji kering per tanaman. Hal ini berarti bahwa dengan memperbaiki jumlah polong per tanaman akan secara tidak langsung akan mempengaruhi hasil. Keturunan hasil persilangan juga memiliki kecenderungan semi determinate pada kondisi-kondisi tertentu terutama kalau banyak tersedia air walaupun tingkatnya tidak sebesar kacang uci. Dengan tipe pertumbuhan yang cenderung semideterminate memungkinkan

terjadinya peningkatan hasil yang dicerminkan oleh berat biji per tanaman karena tanaman akan terus menghasilkan polong yang berarti akan meningkatkan hasil. Karakteristik populasi keturunan hasil persilangan antar spesies cenderung berada diantara kedua karakteristik kedua tetua.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa berdasarkan uji berjarak ganda Duncan pada taraf nyata 5 % terdapat keragaman pengaruh antara faktor yang satu dengan yang lain. Untuk sifat jumlah polong, tinggi tanaman dan berat biji per tanaman, keturunan hasil persilangan berada diantara kedua tetuanya. Hal ini menunjukkan adanya perubahan sifat jumlah polong, tinggi tanaman dan berat biji per tanaman pada keturunan hasil persilangan akibat adanya penggabungan sifat dari kedua tetuanya. Kacang uci memiliki karakteristik tipe pertumbuhan semi determinit, jumlah polongnya

banyak yang berbeda dengan sifat kacang hijau. Untuk sifat lain seperti jumlah cabang kacang uci hampir sama dengan kacang hijau. Berat biji per tanaman kacang uci lebih tinggi tetapi kanopinya lebih luas sehingga membutuhkan jarak tanam yang lebih luas. Untuk sifat-

sifat yang lainnya polanya tidak teratur karena sifat-sifat tersebut tidak menunjukkan karakteristik yang kontras antara kedua tetua yaitu kacang hijau dan kacang uci sehingga perubahan sifat pada keturunannya sulit diketahui polanya.

Tabel 3. Keragaman Genetik, Keragaman Fenotipik, Nilai Duga Heritabilitas Arti Luas pada Semua Peubah yang Diamati

Peubah yang Diamati	Keragaman Genotipik	Keragaman Fenotipik	Heritabilitas Arti Luas (%)
Jumlah cabang	0.1749	0.7624	22.943
Jumlah polong per tanaman	350.76	404.93	86.622
Tinggi Tanaman	170.53	206.78	82.47
Berat biji per tanaman	23.871	37.683	63.346
Jumlah biji per polong	0.4846	1.0448	46.382

Pada Tabel 3 terlihat bahwa pada peubah yang diamati memiliki nilai duga heritabilitas arti luas yang berbeda-beda, ada yang sedang yaitu antara 20 % - 75 %, dan ada yang memiliki heritabilitas tinggi yaitu di atas 75%. Untuk peubah berat biji per tanaman dan jumlah biji per polong memiliki nilai heritabilitas yang sedang. Keragaman fenotip dipengaruhi oleh

ragam genetik dan ragam lingkungan. Hal ini berarti bahwa sifat-sifat tersebut sama-sama dipengaruhi oleh faktor genetik dan lingkungan, artinya baik faktor genetik maupun lingkungan tidak ada pengaruhnya yang lebih besar terhadap sifat-sifat tersebut. Menurut Umaharan, Ariyanayagam dan Haque (1997), makin besar nilai duga heritabilitasnya, makin tinggi

pengaruh faktor genetiknya dan sebaliknya, makin rendah nilai heritabilitasnya, makin besar pengaruh faktor lingkungannya. Untuk sifat jumlah polong menunjukkan nilai duga heritabilitas arti luas yang tinggi. Sifat ini sangat dipengaruhi oleh faktor genetik, kurang dipengaruhi oleh faktor lingkungan. Perubahan lokasi atau musim tanam tidak banyak membawa perubahan pada sifat tersebut. Sifat-sifat keturunan memiliki banyak kemiripan dengan sifat-sifat tetuanya. Terdapat pengaruh yang dominan oleh faktor genetik pada sifat ini. Hal ini juga menunjukkan indikasi bahwa gen pengendali sifat ini tidak banyak dan biasanya ada gen mayor yaitu gen yang menentukan sifat.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan data hasil dan pembahasan dapat disimpulkan :

1. Terjadi perbaikan daya hasil dan ketahanan kacang hijau terhadap hama kumbang bubuk pada populasi hasil persilangan dengan kacang uci.
2. Tingkat daya silang antara varietas yang satu dengan yang lainnya berbeda. Varietas Manyar dan Sampeong memiliki daya silang lebih tinggi terhadap kacang uci dibandingkan dengan varietas Vima dan Merak,
3. Karakteristik populasi keturunan hasil persilangan berada diantara kedua tetuanya.

Berdasarkan hasil dari penelitian ini disarankan bahwa galur-galur hasil persilangan antar spesies kacang hijau dan kacang uci perlu dilakukan pengujian-pengujian sifat yang lain selain daya hasil dan ketahanan terhadap hama kumbang

bubuk terutama ketahanan terhadap hama thrip yang banyak menyerang kacang hijau.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional yang telah membantu pendanaan pada penelitian ini. Kepala Balai

Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian Malang yang telah membantu penyediaan benih dan pustaka. Bapak Ketua dan Laboran Laboratorium Produksi Fakultas Pertanian Universitas Mataram yang telah membantu penyediaan alat-alat penelitian. Bapak Ketua Laboratorium Kimia Analitik dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshad, M., M. Aslam, and M. Irshad. 2009. Genetic variability and character association among morphological traits of mungbean, *Vigna radiata* L. wilczek genotypes. *J. Agric. Res.* Vol. 47(2): 121-126
- Badan Pusat Statistik. 2009. Luas panen, produktivitas dan produksi kacang hijau menurut provinsi. Badan Pusat Statistik Republik Indonesia, <http://www.bps.go.id>. [20 Februari 2010]
- Bharathi, A, K.S.V. Selvaraj, P. Veerabhadhiran, and B.S. Lakshmi. 2006. Crossability barriers in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek): with its wild relatives. *Indian J. Crop Science*, Vol. 1(1-2): 120-124
- Chen, N.C., L.R.Baker, and S.Honma. 1983. Interspecific crossability among four species of vigna food legumes. *Euphytica* Vol. 32: 925-937
- Chiang, H.S. and N.S. Talekar. 1980. Identification of sources of resistance to beanfly and two other gromyzid flies in soybean and mungbean. *J. Econ. Entomol.* 73: 197-199
- Cupka, T.B. and L.H. Edwards. 1986. A new technique for crossing mungbeans. *Crop Sci* 26:830-831
- Gomathinayagam, P., S.G. Ram, R. Rathaswamy and N.M. Ramaswamy. 1998. Interspecific hybridization between *Vigna unguiculata* (L.) Walp. and *V. vexillata* (L.) A.Rich. through *in vitro* embryo culture. *Euphytica* 102: 203-209.
- Gopinathan, M.C. and C.R. Babu. 1986. Meiotic studies of the F1 hybrid between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative *V. minima*. *Genetica* Vol. 71(2): 115-117
- Gopinathan, M.C., C. R. Babu and K. R. Shivanna. 1986. Interspecific hybridization between rice bean (*Vigna umbellata*) and its wild relative (*V. minima*): Fertility-sterility relationships. *Euphytica*, Vol. 35(3): 1017-1022.
- Hadley, H.H. and S.J. Openshaw. 1980. Interspecific and intergeneric hybridization. p. 133-160. In: W.R. Fehr and H.H. Hadley (eds.), *Hybridization of crop plants*. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Wisconsin, USA.
- Khattak, G.S.S., M. Ashraf and M. S. Khan. 2004. Assessment of genetic variation for yield and yield components in mungbean