

KARAKTER MORFOLOGI DAN FISILOGI TAPAK DARA (*Vinca rosea* L.) PADA BEBERAPA CEKAMAN AIR

SUKARMAN, I. DARWATI, dan D. RUSMIN

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

RINGKASAN

Tapak dara (*Vinca rosea* L.) merupakan salah satu tanaman penghasil bahan baku obat yang cukup penting. Kandungan alkaloidnya dapat digunakan sebagai obat kanker, tekanan darah tinggi, dan penyakit gula. Informasi mengenai budidaya tapak dara, khususnya toleransinya terhadap cekaman air masih terbatas. Percobaan ini dilakukan untuk mempelajari pengaruh cekaman air terhadap pertumbuhan (morfologi dan fisiologi) tapak dara. Percobaan pot (polibag) dilakukan di rumah plastik, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat, Bogor mulai November 1997 sampai Maret 1998. Percobaan faktorial dengan dua faktor, dan 3 ulangan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK). Faktor pertama adalah varietas tapak dara yaitu; (1) tapak dara bunga putih (TDBP) dan (2) tapak dara bunga merah muda (TDBM). Sebagai faktor kedua adalah empat tingkat cekaman air yaitu: (1) 100% kapasitas lapang (KL), (2) 80% KL, (3) 60% KL, dan (4) 40% KL. Parameter yang diamati meliputi karakter morfologi : (1) tinggi tanaman, (2) jumlah cabang, (3) jumlah daun, (4) luas daun, (5) bobot kering batang, (6) bobot kering daun, (7) bobot kering bunga, dan (8) bobot kering akar. Karakter fisiologi yang diamati meliputi (1) persentase stomata terbuka dan (2) kandungan prolin bebas pada daun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi perlakuan varietas dan cekaman air tidak berpengaruh nyata terhadap semua karakter respon morfologi dan fisiologi yang diamati. Faktor tunggal varietas berpengaruh nyata terhadap semua karakter morfologi (kecuali tinggi tanaman) namun tidak berpengaruh nyata terhadap persentase jumlah stomata terbuka dan kandungan prolin bebas. Faktor tunggal, cekaman air berpengaruh nyata terhadap semua karakter morfologi (kecuali bobot kering akar). Persentase jumlah stomata terbuka dan kandungan prolin bebas. Cekaman air 80% KL menghasilkan pertumbuhan tanaman dan produksi biomas yang optimal dan nyata menurun pada cekaman air 60% dan 40% KL. Cekaman air sampai 40% nyata mengakibatkan turunnya persentase jumlah stomata terbuka. Kandungan prolin bebas meningkat sejalan dengan meningkatnya perlakuan cekaman air.

Kata kunci: *Vinca rosea*, cekaman air, karakter morfologi, fisiologi

ABSTRACT

Morphological and physiological characteristics of Vinca at different water stress levels

Vinca (*Vinca rosea* L.) is one of the important medicinal crops as the sources of raw materials for traditional medicines. Its alkaloid is believed can reduce the risk of cancer, blood tension and diabetes diseases. Recently, *vinca* is only grown as ornamental plant in the garden, therefore, its cultivation methods is limited, especially its water stress tolerance. The purpose of this experiment was to study the effect of water stress on the morphological and physiological characteristics of *vinca*. A pot experiment was conducted in the plastics house of the Research Institute for Spice and Medicinal Crops from November 1997 to March 1998. Factorial experiment consisted two factors and three replications was arranged in a randomized block design. The first factor consisted of two *vinca* varieties, those were white flowers (WFV) and red flowers of *vinca* (RFV). While 4 different levels of water stress i.e., (1) 100% field capacity (FC), (2) 80% FC, (3) 60% FC, and (4) 40% FC were used as the second factor. Parameters used for evaluating the effect of treatment consisted of morphological characteristics such as (1) plant height, (2) number of primary branches, (3) number of leaves, (4) leaf area, (5) dry weight of stem, (6) dry weight of leaf, (7) dry weight of flowers and (8) dry weight of roots, and physiological characteristics observed including; (1) percentages of opened stomata and (2) free proline content of leaf.

Results showed that interaction between varieties and water stress did not significantly affect the morphological nor physiological characteristics. Varieties significantly affected the morphological characteristics (except plant height), however they did not significantly affect physiological characteristics. Water stress significantly affected the morphological characteristics (except dry weight of roots) and free proline contents. Under 80% FC, *vinca* produced the highest growth and dry weight of plant, however, the plant growth and dry weight were inhibited under 60 and 40% FC. Under 40% FC, percentages of opened stomata decreased significantly. Moreover, proline content in the leaves significantly increased by water stress treatments.

Keywords: *Vinca rosea*, water stress, morphological, physiological, characteristics

PENDAHULUAN

Tapak dara atau kembang tembaga (*Vinca rosea* L.) merupakan salah satu tanaman obat yang penting. Seluruh bagian tanamannya dapat dimanfaatkan sebagai obat di antaranya obat penenang, menurunkan tekanan darah tinggi, menyembuhkan penyakit hati, dan tumor. Tanaman obat ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku obat tradisional maupun obat modern. Menurut DHARMA (1985), tapak dara mengandung dua alkaloid yang sekeluarga yaitu vinblasin dan vinkristin, yang dapat digunakan untuk mengobati kasus-kasus leukimia tertentu.

Tanaman herba dari suku Apocynaceae ini dikenal mempunyai dua jenis yaitu tapak dara bunga putih dan bunga merah muda (JANUWATI *et al.*, 1989). Sampai saat ini tapak dara masih merupakan tanaman hias, sering ditemukan tumbuh liar, sehingga informasi mengenai cara budidayanya masih terbatas. Padahal di India penelitian untuk meningkatkan produksi dan kandungan asam amino pada daun tapak dara telah dilakukan di antaranya dengan penggunaan zat pengatur tumbuh (ZPT) dan perlakuan kimia lainnya (LUCYAMA, *et al.*, 1996). Oleh karena itu, untuk mengantisipasi permintaan bahan baku obat tradisional yang memenuhi standar, informasi mengenai beberapa aspek budidaya tapak dara sangat diperlukan. Terlebih apabila tanaman tersebut akan dikembangkan pada daerah di mana air merupakan faktor pembatas, maka informasi mengenai toleransi tanaman tersebut terhadap cekaman air sangat diperlukan.

Air merupakan salah satu faktor yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman, karena air berfungsi sebagai pelarut hara tanaman di dalam tanah dan berperan dalam translokasi hara dan fotosintesis di dalam tanaman. Kebutuhan air bagi tanaman berbeda-beda tergantung dari

jenis tanaman dan fase pertumbuhan. Pada musim kemarau tanaman sering mendapatkan cekaman air (*water stress*), karena kekurangan suplai air di daerah perakaran dan laju evapotranspirasi yang melebihi laju absorpsi air oleh tanaman (LEVIT, 1980).

Berdasarkan kemampuan genetika, daya adaptasi tanaman terhadap cekaman lingkungan berbeda-beda. JONES *et al.* (1981) mengklasifikasikan resistensi tanaman terhadap cekaman kekeringan berdasarkan beberapa mekanisme yaitu: (1) melepaskan diri dari cekaman kekeringan (*drought escape*), (2) toleransi dengan potensial air jaringan yang tinggi, dan (3) toleransi dengan potensial air jaringan yang rendah.

HIDAYATI (1996) melaporkan bahwa *Vicia faba* yang diberi perlakuan cekaman kekeringan akan menunjukkan respon fisiologis daun (menutupnya stomata, menurunnya jumlah dan luas daun). Respon fisiologis akar (bobot kering akar, jumlah dan aktivitas bintil akar) menurun pesat dengan meningkatnya cekaman kekeringan. Pada tanaman kedelai, ketahanan tanaman terhadap cekaman kekeringan dicerminkan oleh sistem perakaran yang lebih baik, dan kemampuan pengaturan osmotik (*osmotik adjustment*) dan meningkatnya kandungan prolin pada daun (HANIM, 1995).

Pada tanaman jagung dan sorgum cekaman kekeringan dapat mengurangi tinggi tanaman, luas daun, berat tajuk, berat akar, transpirasi, dan meningkatnya tahanan difusi daun (SUTORO *et al.*, 1989). Pada tanaman tebu kandungan prolin bebas akan meningkat 100 kali lipat dari kondisi normal jika tanaman menderita cekaman kekeringan. Varietas tebu tahan kering mengakumulasi prolin bebas lebih tinggi dari pada varietas yang peka, dan penurunan kadar prolin bebas lebih cepat dibandingkan varietas peka jika cekaman kekeringan dihentikan (WIDYASARI dan SUGIARTA, 1997).

Respon tapak dara terhadap cekaman air belum banyak diketahui. Oleh karena itu untuk menambah khasanah informasi pengetahuan mengenai tapak dara, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mempelajari pengaruh cekaman air terhadap beberapa karakter morfologi dan fisiologi dua varietas tapak dara.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di rumah plastik Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat mulai bulan November 1997 sampai Maret 1998. Dua varietas tapak dara yaitu: tapak dara bunga putih (TDBP) dan tapak dara bunga merah muda (TDBM) ditanam di polibag berukuran tinggi 30 cm dan diameter 20 cm, berisi media campuran tanah dan pupuk kandang yang kering angin dengan perbandingan 3:1 sebanyak 7 kg. Setiap polibag diberi pupuk sebanyak 2 g urea, 1 g TSP, dan 1 g KCl.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 2 faktor dan 3 ulangan yang disusun secara faktorial, dan pada setiap perlakuan terdapat 5 tanaman. Faktor pertama adalah varietas tapak dara yaitu: tapak dara bunga putih (TDBP) dan tapak dara bunga merah muda (TDBM). Faktor kedua adalah 4 taraf cekaman air yaitu: (1) 100% kapasitas lapang (KL), (2) 80% KL, (3) 60% KL, dan (4) 40% KL. Perlakuan cekaman air diberikan setelah tanaman berumur 4 minggu setelah tanam (MST). Untuk mempertahankan perlakuan-perlakuan tersebut agar sesuai dengan kondisi kapasitas lapang yang diinginkan maka setiap hari pot tersebut ditimbang dan ditambah air sesuai dengan perlakuan.

Pengamatan dilakukan mulai tanaman berumur 4 MST sampai tanaman berumur 12 MST. Parameter yang diamati adalah karakter morfologi dan fisiologi tanaman. Karakter morfologi yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah cabang primer, jumlah daun, luas daun, bobot kering batang, bobot kering daun, bobot kering bunga, dan bobot kering akar. Adapun karakter fisiologi yang diamati adalah persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas pada daun. Persentase stomata terbuka diamati pada daun ke 3 dan ke 4 dari atas, yang diambil pada pukul 6.00 sampai 7.00 pagi, seluas $625\mu^2$ kemudian diamati secara mikroskopis dengan pembesaran 40 kali. Kandungan prolin bebas dianalisis berdasarkan metode yang dikembangkan oleh BATES (1973) dengan menggunakan spektrometer dengan panjang gelombang 520 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakter Morfologi

Tinggi tanaman, jumlah cabang primer, jumlah daun, dan luas daun

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh interaksi yang nyata antara varietas dan cekaman air terhadap karakter morfologi tanaman, akan tetapi, pada umumnya faktor tunggal varietas dan cekaman air berpengaruh nyata terhadap karakter morfologi tanaman.

Faktor tunggal varietas berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang primer, jumlah daun/tanaman, dan luas daun/tanaman, akan tetapi, tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Tapak dara bunga merah mempunyai jumlah cabang primer, jumlah daun, dan luas daun per tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tapak dara bunga putih. Sebagai contoh, rata-rata luas daun per tanaman tapak dara bunga merah 2 021.4 cm^2 sedangkan tapak dara bunga putih luas daunnya hanya 1 234.8 cm^2 (Tabel 1).

Berdasarkan parameter-parameter tersebut dapat dikemukakan bahwa pada kondisi cekaman air yang sama, pertumbuhan varietas tapak dara bunga merah lebih baik dibandingkan varietas tapak dara bunga putih. Adanya perbedaan pertumbuhan antara varietas tersebut diduga erat kaitannya dengan faktor genetik yang mengontrol ketahanan tanaman terhadap cekaman air. Adanya perbedaan toleransi antara varietas terhadap cekaman air juga dilaporkan oleh HANIM, (1995) pada kedelai dan WIDIYASARI dan SUGIARTA (1997) pada tebu.

Cekaman air nyata berpengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang primer, jumlah daun, dan luas daun. Tingkat cekaman air 80% KL memberikan hasil yang terbaik untuk semua parameter yang diamati, sedangkan tingkat cekaman air 40% memberikan hasil yang paling rendah terhadap semua komponen pengamatan. Sebagai contoh, rata-rata luas daun pertanaman pada 80% KL yaitu: 2 135.7 cm², sedangkan pada 40% KL luas daunnya hanya 1 207.49 cm² (Tabel 1). Hasil ini erat kaitannya dengan menurunnya aktivitas fotosintesis sebagai akibat dari menutupnya stomata sehingga mengurangi suplai karbon dioksida. Menurunnya aktivitas fotosintesis akibat menutupnya stomata, sehingga mengurangi suplai karbon dioksida juga dilaporkan oleh VERESAN dan PHILIPS (1978) pada jagung, SUTORO *et al.* (1989) pada tanaman jagung dan sorghum, dan KANECHI *et al.* (1998) pada bunga matahari. Selain itu cekaman air berakibat menurunnya translokasi hara dan fotosintesis di dalam tanaman (LEVIT, 1980).

Bobot kering batang, bobot kering daun, bobot kering bunga, dan bobot kering akar

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak ada interaksi antara perlakuan varietas dan cekaman air terhadap bobot kering batang, daun, bunga dan akar. Akan tetapi, faktor tunggal varietas berpengaruh nyata terhadap bobot kering batang, daun, bunga dan akar.

Varietas tapak dara bunga merah menghasilkan bobot kering batang, daun, bunga dan akar yang lebih tinggi dibandingkan tapak dara bunga putih. Sebagai contoh, bobot kering batang, daun, bunga dan akar pada tapak dara bunga merah berturut-turut 6.69, 6.27, 2.95, dan 2.14 g. Sedangkan bobot kering batang, daun, bunga dan akar pada tapak dara bunga putih berturut-turut hanya 4.44, 4.75, 1.59, dan 1.73 g (Tabel 2). Berdasarkan hasil pengamatan tersebut dapat dikemukakan bahwa pada kondisi cekaman air yang sama, varietas tapak dara bunga merah lebih baik dibandingkan tapak dara bunga putih. Hasil ini diduga karena tapak dara merah mempunyai sistem perakaran (bobot kering akar) yang lebih tinggi sehingga absorpsi air maupun hara lebih intensif, walaupun tanaman tersebut mendapat cekaman air. JONES *et al.* (1981) dan XI YU *et al.* (1995) mengemukakan bahwa sistem perakaran (volume dan panjang akar) memiliki peranan yang penting dalam menentukan sifat tanaman terhadap cekaman air.

Perlakuan cekaman air berpengaruh nyata terhadap bobot kering batang, daun, bunga, tetapi, tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering akar. Cekaman air 80% KL

Tabel 1. Pengaruh cekaman air terhadap tinggi tanaman, jumlah cabang, jumlah dan luas daun dua varietas tapak dara
 Table 1. Effect of water stress on plant height, number of primary branch, number of leaves, leaf area of two varieties of *Vinca rosea L.*

Perlakuan Treatments	Tinggi tanaman (cm) Plant height (cm)	Jumlah cabang primer Number of primary branch	Jumlah daun/tanaman Number of leaves /plant	Luas daun/tanaman (cm ²) Leaf area/plant (cm ²)
Varietas Varieties				
Bunga putih <i>White flower</i>	62.97 A	4.80 B	136.36 B	1 234.70 B
Bunga merah <i>Red flower</i>	66.18 A	8.38 A	207.72 A	2 021.92 A
KK CV (%)	5.67	14.48	16.37	22.40
Cekaman air (KL) Water stress (FC)				
100% KL FC	67.47 a	7.10 ab	184.17 ab	1 483.15 bc
80% KL FC	70.09 a	8.10 a	218.50 a	2 135.70 a
60% KL FC	61.78 b	6.13c	160.73 bc	1 686.90 b
40% KL FC	58.95 b	5.02 c	124.77 c	1 207.49 c
KK CV (%)	6.66	15.38	17.17	24.40

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf 1% menurut uji DMRT
 Note : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% level according to DMRT
 KL: Kapasitas lapang, FC: Field capacity

Tabel 2. Pengaruh cekaman air terhadap bobot kering batang, daun, bunga, dan akar dua varietas tapak dara
 Table 2. Effect of water stress on dry weight of stem, leaf, flower, and root of two varieties of *Vinca rosea* L.

Perlakuan Treatments	Bobot kering batang (g/tn) Dry weight of stem (g/plant)	Bobot kering daun (g/tn) Dry weight of leaf (g/plant)	Bobot kering bunga (g/tn) Dry weight of flower (g/plant)	Bobot kering akar (g/tn) Dry weight of root (g/plant)
Varietas Varieties				
Bunga putih <i>White flower</i>	4.44 B	4.75 B	1.59 B	1.73 B
Bunga merah <i>Red flower</i>	6.69 A	6.27 A	2.95 A	2.14 A
KK CV%	19.28	18.07	14.71	13.37
Cekaman air (KL) Water stress (FC)				
100% KL FC	5.98 b	5.77 b	2.28 b	1.79 ns
80% KL FC	7.67 a	7.26 a	2.85 a	2.05 ns
60% KL FC	4.40 c	5.08 bc	1.13 b	2.03 ns
40% KL FC	3.00 c	3.94 c	1.81 b	1.87 ns
KK CV (%)	22.38	20.70	16.41	14.73

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf 1% menurut uji DMRT
 Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% level according to DMRT

memberikan hasil bobot kering batang, daun dan bunga yang tertinggi berturut-turut yaitu; 7.67, 7.26, dan 2.85 g. Sedangkan cekaman air sampai 40% KL menghasilkan bobot kering batang, daun dan bunga yang terendah berturut-turut yaitu: 3.00, 3.94, dan 1.81, (Tabel 2). Menurunnya bobot kering batang, daun dan bunga pada cekaman air 40% diduga erat kaitannya dengan menurunnya translokasi hara dan aktivitas fotosintesis seperti telah dibahas pada bab terdahulu.

Karakter fisiologi (persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas)

Interaksi antara varietas dan cekaman air serta faktor tunggal varietas tidak berpengaruh nyata terhadap persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas. Akan tetapi, faktor tunggal cekaman air berpengaruh nyata terhadap persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas (Tabel 3).

Tidak adanya perbedaan yang nyata persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas antara tapak dara bunga merah dan tapak dara bunga putih, diduga erat kaitannya dengan faktor genetik yang mengontrol aktivitas stomata dan kandungan prolin bebas pada kedua jenis tapak dara tersebut.

Tingkat cekaman air sampai 40% KL mengakibatkan menurunnya persentase stomata terbuka. Hasil ini diduga disebabkan bahwa berkurangnya jumlah stomata terbuka erat hubungannya dengan kondisi fisik tanah.

Semakin kering kondisi air tanah semakin menurun jumlah stomata terbuka atau semakin besar nilai daya hambat stomata daun (HIDAYATI, 1996).

Kandungan prolin bebas di daun meningkat nyata dengan menurunnya kapasitas lapang (Tabel 3). Hasil ini mungkin disebabkan bahwa akumulasi prolin diduga berhubungan dengan kemampuan prolin bertindak sebagai osmo regulator, agen pelindung, enzim-enzim sitoplasma, dan

Tabel 3. Pengaruh cekaman air terhadap persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas dua varietas tapak dara
 Table 3. Effect of water stress on the percentages of open stomata and proline content of two varieties of *Vinca rosea* L.

Perlakuan Treatments	Persentase jumlah stomata terbuka Percentage of opened stomata (%)	Kandungan prolin bebas (µ mol/g) Free proline content (µ mol/g)
Varietas Varieties		
Bunga putih <i>White flower</i>	53.33 A	0.24 A
Bunga merah <i>Red flower</i>	40.84 A	0.24 A
KK CV (%)	20.80	3.87
Cekaman air (KL) Water stress (FC)		
100 % KL FC	46.37 a	0.18 d
80 % KL FC	62.28 ab	0.21 c
60 % KL FC	51.26 ab	0.26 b
40 % KL FC	28.42 b	0.30 a
KK CV (%)	23.08	6.87

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada tiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf 1% menurut uji DM RT
 Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different at 1% level according to DMRT

enzim-enzim membran atau sebagai bahan simpanan untuk pertumbuhan setelah tanaman mengalami stress (ASPINAL dan PALEG, 1981). Menurut HANSON (1977) prolin bebas berfungsi sebagai senyawa penyimpanan karbon dan nitrogen selama stres air, karena pada saat itu sintesis karbohidrat dihambat.

KESIMPULAN

Interaksi varietas dan cekaman air tidak berpengaruh nyata terhadap semua komponen karakter morfologi dan fisiologi yang diamati. Faktor tunggal varietas, berpengaruh nyata terhadap semua karakter morfologi tanaman (kecuali tinggi tanaman), tetapi, tidak berpengaruh nyata terhadap karakter fisiologi (persentase stomata terbuka dan kandungan prolin bebas). Pada kondisi cekaman air yang sama, tapak dara bunga merah lebih baik pertumbuhannya dibandingkan tapak dara bunga putih. Cekaman air berpengaruh nyata terhadap semua karakter morfologi (kecuali bobot kering akar) dan kandungan prolin bebas. Pada perlakuan cekaman air 80% KL tapak dara menghasilkan pertumbuhan dan hasil biomas yang optimal, sedangkan cekaman air 60% KL dan 40% KL nyata menurunkan pertumbuhan tanaman dan biomas. Sampai perlakuan cekaman air 60% KL persentase stomata terbuka belum turun nyata, tetapi, pada cekaman air 40% KL persentase stomata terbuka turun nyata. Meningkatnya cekaman air meng-akibatkan meningkatnya kandungan prolin bebas.

DAFTAR PUSTAKA

ASPINAL, D and L.G. PALEG. 1981. Physiological aspect. In L.G. Paleg and P.ASPINAL (eds.). The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. New York. pp.201-241.
 BATES, I.S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil. 39:205-207.
 DHARMA, A.P. 1985. Tanaman obat tradisional Indonesia. P.N. Balai Pustaka. 291p.
 HANIM. 1995. Toleransi kedelai terhadap cekaman kekeringan pendekatan morfologi dan fisiologi. Thesis Pasca Sarjana. IPB. 54p.

HANSON, A.D., C.E. NELSEN and E.I. EVERSON. 1977. Evaluation of free proline accumulation as an index of drought resistance using two contrasting barley cultivars. Crop Sci. 17 (5): 720-726.
 HIDAYATI, N. 1996. Toleransi daun dan akar *Vicia faba* L. dalam kondisi stress air pada tiga fase pertumbuhan. Jour. Biologi. 2(1): 37-45.
 JANUWATI, M. SOEDARMADI, P. WAHID, dan SOEDARSONO. 1989. Pengaruh jarak tanam dan intensitas cahaya yang berbeda terhadap produksi daun dan kadar vincaïn tapak dara. Dalam Sudiarto et al. (eds.) Prosiding Simposium I Hasil Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri. Caringin-Bogor, 25-27 Juli 1989. Puslitbangtri. pp.937-944.
 JONES, M.M., N.C.TURNER and C.B. OSMOND. 1981. Mechanism of drought resistance. In. Paleg. L.G. and D. Aspinal (eds.) The physiology and biochemistry of drought resistance in plants. Academic Press. New York. pp 15-53.
 KANECHI, M., J. YAMADA, N. INAGAKI and S. MAEKAWA. 1998. Non stomata inhibition of photosynthesis associated with partitioning of the recent assimilates in to starch and sucrose in sunflower leaves under water stress. Japan Soc. Hort. S.C. 67(2): 190-197.
 LEVIT, J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Academic Press. New York. Vol. 2. 606 p.
 LUCYAMA, J., K.V.S. KUMAR, and P.M. MEHTA. 1996. Effect growth regulator and chemical treatments on post harvest life of *Ixora coccinia* and *Vinca rosea* flowers. Dept. of Biosciences, Sardar Patel Univ. Gujarat. India. Abstract.
 SUTORO, I. SOMADIREJA, dan S. TIRTOUTOMO. 1989. Pengaruh cekaman air dan reaksi pemulihan tanaman jagung dan sorgum pada fase pertumbuhan vegetatif. Penelitian Pertanian. 9(4): 148-151.
 VERESAN, V. and R.E. PHILIPS. 1978. Effects of soil water on growth and nutrient accumulation in corn. Agron. J. 70:613-618.
 WIDYASARI, W. B. dan E. SUGIARTA. 1997. Akumulasi prolin dalam jaringan daun tebu sebagai indikator sifat varietas tebu tahan kering. Majalah Penelitian Gula. XXXIII (1-10).
 XI YU. L., J.D. RAY. J.C. TOOLE and H.T. NGUYEN. 1995. Use of petroleum layers for screening rice root penetration. Crop Sci. 35: 684-687.