

Ningrum, A.R. · A. Nuraini · E. Suminar · S. Mubarok

Respons dua mutan tomat terhadap cekaman kekeringan

Sari Kondisi cekaman kekeringan pada tanaman tomat dapat menyebabkan pertumbuhan dan produksi tanaman tomat menurun. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan perakitan varietas tanaman baru yang tahan terhadap cekaman kekeringan. Beberapa hasil mutasi gen IAA pada tomat mutan Micro-Tom mampu menghasilkan tanaman yang toleran terhadap kondisi stress secara abiotik, yaitu pada galur *iaa9-3* dan *iaa9-5*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons pertumbuhan vegetatif pada *iaa9-3* dan *iaa9-5* dalam kondisi cekaman kekeringan dengan metode *in vitro*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Kultur Jaringan dan Teknologi Benih Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran pada bulan September sampai Desember 2019. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok Faktorial yang terdiri dari dua faktor dan diulang tiga kali. Faktor pertama adalah mutan, yaitu *iaa9-3*, *iaa9-5* dan *Wild-Type* Micro-Tom (*WT-MT*) sebagai kontrol, dan faktor kedua adalah tingkat cekaman kekeringan menggunakan konsentrasi polietilen glikol (*PEG*) yaitu 0%, 5%, 10%, 15%, 20%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara galur dan tingkat cekaman kekeringan pada parameter tinggi tanaman, jumlah akar, dan panjang akar, sedangkan pada jumlah daun eksplan dipengaruhi oleh galur dan tingkat cekaman secara mandiri. Pada kondisi tercekam, semua galur tomat yang diamati mengalami penurunan pada seluruh parameter pertumbuhan terutama pada galur *WT-MT*. Galur *iaa9-3* dan *iaa9-5* toleran terhadap cekaman kekeringan sampai dengan konsentrasi 5% *PEG*, sedangkan untuk *WT-MT* sudah mengalami penurunan yang signifikan pada cekaman kekeringan 5% *PEG*.

Kata kunci: Cekaman kekeringan · Auksin · Tomat · Mutan · Polietilen glikol

Response of two tomato mutants under drought stress

Abstract. Drought stress condition in tomato plants cause the reduction of plant growth and production. One of the effort to resolve this problem is by assembling new varieties that are tolerant to drought stress. Several IAA gene mutation have been generated to produced tolerant plant under abiotic stress condition, namely *iaa9-3* and *iaa9-5*. This research was conducted to determine respons of vegetative growth of *iaa9-3* and *iaa9-5* under drought stress condition by *in vitro* method. The experiment was conducted at Tissue Culture and Seed Technology Laboratory, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran from September to December 2019. The experimental design used factorial Randomized Block Design, consisted of two factors and repeated three times. The first factor was tomatoes mutant, namely *iaa9-3*, *iaa-95*, and Wild Type Micro-Tom (*WT-MT*) as a control and the second factor was the level of drought stress of polyethylene glycol (*PEG*), namely 0%, 5%, 10%, 15%, and 20%. Under drought stress condition, all of tomato lines have a decrease in vegetative growth parameters. The results showed that there was an interaction effect between tomatoes mutant and the level of drought stress on the parameters of plant height, the number of roots, and root length, whereas the number of explant leaves was affected by tomatoes mutant and stress level independently. Lines of *iaa9-3* and *iaa9-5* were tolerant of drought stress up to a *PEG* 6000 concentration of 5% *PEG*, whereas for *WT-MT* there has been a significant decrease under drought stress of 5% *PEG*.

Keywords : Drought stress · Auxin · Tomato · Mutant · Polyethylene glycol

Diterima : 27 April 2020, Disetujui : 9 Agustus 2020, Dipublikasikan : 12 Agustus 2020
doi: <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v19i2.27095>

Ningrum, A.R. · A. Nuraini · E. Suminar · S. Mubarok
Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Korespondensi: syariful.mubarok@unpad.ac.id

Pendahuluan

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Tanaman tomat berasal dari kawasan Meksiko sampai Peru (Nurmala *et al.*, 2015), yang kini juga banyak dibudidayakan di Indonesia. Di masa sekarang, tanaman tomat sudah banyak dibudidayakan dan sangat berkembang. Saat ini muncul kultivar-kultivar baru atau hibrida yang dapat tumbuh dengan mudah di lingkungan dan iklim yang berbeda jauh dengan tempat asalnya, yaitu Meksiko. Keadaan tropis di Indonesia berbeda dengan keadaan tropis di Meksiko, Indonesia memiliki suhu tahunan lebih dari 18° C dan mencapai 38° C ketika musim kemarau, sedangkan di Meksiko keadaan suhu tinggi rata-rata 27° C.

Data Pusat Statistik pada tahun 2016 melaporkan bahwa produksi tomat di Jawa Barat mencapai 278.394 ton, hal ini menunjukkan produksi tomat di Jawa Barat termasuk kedalam kategori tinggi (Badan Pusat Statistik (BPS), 2018). Data pun diperoleh dari BPS dan Dirjen Hortikultura (2017) dimana memproyeksikan konsumsi tomat di Indonesia pada tahun 2017-2021 akan terus meningkat hingga 4,14% per tahun dengan jumlah penduduk diproyeksikan naik dengan rata-rata pertumbuhan 1,13% per tahun. Maka dari itu peningkatan produktivitas tomat harus dipertahankan untuk memenuhi kebutuhan tomat bagi masyarakat.

Seiring dengan peningkatan konsumsi tersebut, maka peningkatan produktivitas, kualitas serta ketahanan tomat juga perlu ditingkatkan. Terdapat masalah dalam budidaya tanaman tomat saat ini, dimana tomat tidak mampu beradaptasi dengan baik pada kondisi cekaman kekeringan, sehingga hal tersebut menyebabkan pertumbuhan tanaman tomat terhambat serta menurunkan produktivitasnya. Salah satu upaya untuk menjaga produktivitas tanaman tomat dengan perakitan varietas tanaman baru yang tahan terhadap kekeringan dan ditanam secara *in vitro*. Pengembangan tanaman tomat salah satunya dengan mutasi gen. Tanaman tomat yang dikembangkan yaitu tanaman tomat Micro-Tom, dimana tomat tersebut diberi pengaruh mutasi pada gen *IAA9* atau sering disebut tomat mutan *iaa9*. Tomat mutan Micro-Tom *iaa9* yang dikembangkan merupakan hasil dari mutasi

menggunakan mutagen *Ethyl Methane Sulfonate* (EMS, $C_3H_8O_3S$) (Saito *et al.*, 2011). Salah satu kelebihan pada tomat mutan ini yaitu dapat menghasilkan produksi yang lebih tinggi serta dapat bertahan dalam kondisi tercekam oleh kekeringan (Ariizumi *et al.*, 2013).

Auksin bertindak sebagai sinyal penting dalam menanggapi tekanan abiotik. Ada dua jalur yang terlibat dalam respons stress, yaitu pensinyalan auksin dan pengangkutan auksin. Hasil penelitian (Fukaki *et al.*, 1996; Seo *et al.*, 2009; Tognetti *et al.*, 2010) melaporkan bahwa sinyal auksin dapat memberikan respons pada saat tanaman mengalami cekaman atau stress. Stress kekeringan merupakan salah satu tekanan abiotik utama yang menyebabkan terbatasnya pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Hasil penelitian Davenport *et al.* (1977) menunjukkan bahwa transportasi bassipetal auksin dapat mengurangi kotiledon tangkai daun yang menyebabkan berkurangnya pertumbuhan daun dalam kondisi kekurangan air.

Budidaya tomat Micro-Tom dilakukan secara *in vitro* dengan penggunaan senyawa polietilen glikol (PEG). Penggunaan PEG sudah lama digunakan dalam menginduksi stress/cekaman air pada tanaman. PEG merupakan senyawa yang stabil, non ionik, *polymer* panjang yang larut dalam air dan dapat digunakan dalam sebaran bobot molekul yang luas (Widoretno *et al.*, 2003). Pemberian PEG pada media kultur dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman, yaitu penurunan tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah tunas (Hassanpanah, 2009). Penggunaan PEG sendiri memang lazim digunakan karena dapat digunakan sebagai indikator kemampuan untuk mensimulasikan cekaman kekeringan dalam medium *in vitro*.

Penggunaan PEG 6000 disarankan oleh Lawyer (1970), karena dengan berat molekul lebih dari 4000 tidak dapat diserap oleh sel tanaman. Mexal (1975) menyatakan bahwa PEG dengan berat molekul 6000 dipilih karena mampu bekerja lebih baik pada tanaman daripada PEG dengan berat molekul yang lebih rendah. Pemilihan konsentrasi rendah (0%, 5%, 10%, 15, 20%) perlu diteliti untuk mengetahui pertumbuhan tomat pada cekaman kekeringan, karena pada penelitian sebelumnya meneliti dengan konsentrasi 0%, 20%, 40% dan 60%.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mendeskripsikan pertumbuhan vegetatif dan

kandungan klorofil pada kedua tomat mutan (*iaa9-3*, *iaa9-5*) dengan *Wild-Type* Micro-Tom (*WT-MT*) pada kondisi cekaman kekeringan dan untuk memberikan informasi sampai cekaman kekeringan berapa dua tomat mutan (*iaa9-3*, *iaa9-5*) dan *Wild-Type* Micro-Tom (*WT-MT*, sebagai kontrol) mampu bertahan tumbuh dan menghasilkan kandungan klorofil.

Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Benih Kultur Jaringan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan mulai bulan September sampai dengan bulan Desember 2019.

Percobaan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan tomat Micro-Tom mutan, yaitu *iaa9-3* dan *iaa9-5*, serta kontrol yaitu *WT-MT* yang berasal dari University of Tsukuba, Jepang. Rancangan percobaan menggunakan Rancangan Acak Kelompok pola faktorial dengan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama adalah galur mutan, yaitu *iaa9-3*, *iaa9-5*, dan *WT-MT* (kontrol) dan faktor kedua adalah konsentrasi PEG (0 (kontrol), 5, 10, 15, dan 20%).

Sterilisasi eksplan. Eksplan yang digunakan yaitu *biji tomat MicroTom*. Eksplan berupa biji direndam selama 5', lalu direndam dengan fungisida selama 15' dan dibilas dengan aquadest hingga bersih. Biji direndam kembali dengan detergen selama 5' dan bilas dengan aquadest hingga tidak berbau. Tahap selanjutnya adalah biji direndam dengan bayclin 5% selama 30" dan bilas dengan aquadest sebanyak 4 - 5x.

Media penanaman. Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah media dasar *Murashige & Skoog* (MS) dengan penambahan PEG 6000 dengan konsentrasi sesuai perlakuan

Analisis data. Data dianalisis menggunakan analisis ragam *two ways anova*. Uji lanjut dilakukan menggunakan uji *Duncan* pada taraf nyata 5%.

Penanaman. Penanaman yang dilakukan bersumber dari biji tomat mutan yang dikecambahkan terlebih dahulu pada media MS. Setelah eksplan berkecambah, eksplan dipindahkan ke dalam media MS yang telah diberi perlakuan PEG. Pada media perlakuan

ditanam sebanyak 1 kecambah tomat mutan untuk 1 botol kultur. Botol kemudian ditutup menggunakan plastik dan diikat dengan karet. Proses penanaman dilakukan di dalam Laminar Air Flow (LAF).



Gambar 1 Kecambah tanaman tomat pada perlakuan kontrol

Gambar 1 menunjukkan kecambah tomat yang siap dipindah tanamkan kedalam perlakuan. umur kecambah tomat yaitu 1 minggu setelah tanam dan untuk ukuran kecambah tomat yaitu ± 2 cm.

Hasil dan Pembahasan

Tinggi Tanaman. Hasil analisis untuk tinggi tanaman pada 8 minggu setelah tanam (MST) menunjukkan adanya interaksi antara galur dan konsentrasi PEG sebagai media perlakuan cekaman kekeringan (Tabel 1). Respons yang ditunjukkan adalah tinggi tanaman semakin rendah saat semakin tercekam., Tomat mutan *iaa9-5* mempunyai ketahanan terhadap cekaman kekeringan sampai dengan konsentrasi PEG 5%, hal yang sama ditunjukkan oleh *iaa9-5*. Perlakuan PEG pada galur *WT-MT* menunjukkan hasil tinggi tanaman yang berbeda nyata dengan kondisi normal tanpa cekaman (Tabel 1).

Galur *WT-MT* memperlihatkan respons yang berbeda dengan *iaa9-3* dan *iaa9-5* setelah perlakuan PEG. Hal tersebut menandakan bahwa pemberian senyawa osmotikum seperti PEG dalam konsentrasi tinggi mengakibatkan potensial air yang rendah sehingga menghambat proses metabolisme dan menghambat pertumbuhan tinggi tanaman (Mitoi *et al.*, 2009).

Tabel 1. Respons tinggi tanaman (cm) dua galur mutan tomat *iaa9* terhadap konsentrasi PEG (%) pada 8 MST.

Galur	PEG (%)				
	0	5	10	15	20
<i>WT-MT</i>	11.94b D	10.06b C	4.84a B	4.26a B	1.69a A
<i>iaa9-3</i>	7.38 a C	5.86 a BC	3.28a A	4.11a AB	2.29a A
<i>iaa9-5</i>	7.17 a B	6.89 a B	3.88a A	3.22a A	2.64a A

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama ke arah horizontal dan huruf kecil yang sama ke arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Perbedaan tinggi tanaman dapat dilihat dimana semua galur pada PEG 0% menunjukkan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan tinggi tanaman galur pada cekaman 20%. Parameter tinggi tanaman dipengaruhi oleh penurunan tekanan turgor pada saat tanaman tercekam kekeringan. Penurunan tekanan turgor tersebut mengurangi pembesaran dan ukuran sel tanaman sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman terhambat (Steuter, 1981). Piwowarczyk *et al.* (2014) menyatakan bahwa penambahan PEG pada media akan menyebabkan penurunan tekanan turgor, sehingga menurunkan laju pemanjangan sel yang berakibat pada penurunan tinggi tanaman.

Jumlah daun. Hasil analisis jumlah daun pada umur 8 MST antara galur dan konsentrasi cekaman kekeringan tidak menunjukkan adanya interaksi (Tabel 2). Respons galur pada jumlah daun menunjukkan bahwa jumlah daun yang dihasilkan pada mutan *iaa9-3* dan *iaa9-5* pada kondisi tercekam mempunyai jumlah daun yang sama bila dibandingkan dengan *WT-MT*.

Jumlah daun rata-rata pada setiap galur memang tidak berpengaruh nyata. Kondisi cekaman tinggi (konsentrasi PEG tinggi) mengakibatkan jumlah daun rendah. Hal ini terlihat pada tingkat cekaman kekeringan 20%, jumlah daun lebih rendah dibandingkan dengan 0% dan 5%. Hussain *et al.* (2016) menyatakan bahwa salah satu respons tanaman yang berada dibawah kondisi cekaman kekeringan adalah dengan membatasi pembentukan daun dan luas daun. Hasil percobaan ini sesuai dengan hasil penelitian Sinaga *et al.* (2015) yang melaporkan

bahwa jumlah daun tanaman terung semakin rendah pada media yang diberikan PEG dengan konsentrasi tinggi.

Tabel 2. Pengaruh mandiri faktor galur mutan tomat *iaa9* dan tingkat konsentrasi PEG terhadap jumlah daun pada 8 MST.

Perlakuan	Rata-rata
Galur	
<i>WT-MT</i>	6.88 a
<i>iaa9-3</i>	6.55 a
<i>iaa9-5</i>	6.57 a
Konsentrasi	
0%	8.99 c
5%	10.73 c
10%	5.56 b
15%	5.74 b
20%	2.32 a

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama ke arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Jumlah akar. Berdasarkan hasil analisis statistik, data pertumbuhan jumlah akar pada 8 MST menunjukkan adanya interaksi antara galur dan konsentrasi cekaman kekeringan (Tabel 3). Pada kondisi normal sampai cekaman kekeringan 5%, galur *iaa9-5* dan *iaa9-3* mampu menghasilkan jumlah akar yang tidak berbeda, artinya tomat mutan *iaa9-5* dan *iaa9-3* toleran terhadap cekaman kekeringan sampai konsentrasi 5% (Tabel 3). Sementara pada cekaman 10% sampai dengan 20%, jumlah akar pada semua galur rendah.

Tabel 3. Respons jumlah akar pada dua galur mutan tomat *iaa9* terhadap konsentrasi PEG pada 8 MST.

Galur	PEG (%)				
	0	5	10	15	20
<i>WT-MT</i>	117.9 b D	80.7a C	37.81 a B	47.6a B	2.94 a A
<i>iaa9-3</i>	75.17 a B	60.8a B	27.42 a A	28.92 a A	19.39a A
<i>iaa9-5</i>	64.19 a B	64.00a B	23.97 a A	22.69 a A	18.81a A

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama ke arah horizontal dan huruf kecil yang sama ke arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pemberian PEG pada tanaman tomat memperlambat waktu inisiasi akar. Hal ini disebabkan PEG mempunyai kemampuan sifat dalam menghambat imbibisi dan hidrasi benih (Harahap *et al.*, 2013). Pemberian PEG pada media menyebabkan potensial air menjadi rendah dan menyebabkan cekaman kekeringan. Rendahnya potensial air pada media mengakibatkan eksplan tidak dapat menyerap air dengan maksimal (Aazami *et al.*, 2010). Hambatan dalam memproduksi akar akan terjadi karena penyerapan air yang tidak maksimal sehingga jumlah akar akan semakin rendah. Galur yang mampu menghasilkan jumlah akar yang tinggi dalam kondisi tercekam oleh kekeringan menunjukkan adanya mekanisme toleransi, sehingga tanaman mampu mempertahankan tekanan turgor dalam kondisi tertekan (Saxena dan O'Toole, 2002).

Panjang akar. Konsentrasi PEG berpengaruh terhadap panjang akar galur pada umur 8 MST (Tabel 4). Pada kondisi normal sampai dengan konsentrasi PEG 10%, semua galur menunjukkan panjang akar yang tidak berbeda, itu artinya untuk panjang akar, respons semua galur tahan sampai cekaman kekeringan 10%. penurunan panjang akar mutan *iaa9-5* pada konsentrasi 5%, lebih pendek dibandingkan dengan *WT-MT* dan *iaa9-3*.

Tabel 4. Respons panjang akar (cm) pada dua galur mutan tomat *iaa9* terhadap konsentrasi PEG (%) pada 8 MST.

Galur	PEG (%)			
	0	5	10	15
<i>WT-MT</i>	8.25 b B	8.31 a B	6.69 b B	1.71 a A
<i>iaa9-3</i>	8.14 b B	6.67 a B	4.19 a B	4.11 b A
<i>iaa9-5</i>	5.53 a B	6.69 a B	4.97ab AB	3.56 b A

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf besar yang sama ke arah horizontal dan huruf kecil yang sama ke arah vertikal tidak berbeda nyata menurut uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Perpanjangan akar dalam kondisi stress menunjukkan sifat yang toleran, karena mereka mampu mempertahankan pemanjangan akar terus menerus dengan proses mengekstraksi air dalam kondisi tertekan (Kulkarni & Deshpande, 2007). Dalam penelitian ini, hasil menunjukkan kedua galur masih dapat menunjukkan perpanjangan akar yang tidak berbeda sampai

cekaman 10%. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan (Oliveira *et al.*, 2011) dimana genotipe tomat mampu menghasilkan panjang akar sampai dengan 80%, karena tanaman memiliki kapasitas untuk bertahan hidup di bawah tekanan defisit air.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Adanya interaksi antara galur dan tingkat cekaman kekeringan yang berpengaruh pada pertumbuhan vegetatif pada tanaman tomat mutan (*iaa9-3* dan *iaa9-5*) dan *Wild-Type Micro-Tom (WT-MT)*.
2. Pertumbuhan kedua galur mutan tomat *iaa93* dan *iaa9-5* sampai konsentrasi PEG 5% menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik jika dibandingkan dengan *WT-MT* sebagai kontrol.

Daftar Pustaka

- Aazami. M. A., M. Torabi., E. Jalili. 2010. *In-vitro* response of promising tomato genotypes for tolerance to osmotic stress. *Afr. J. Biotech.* 9 (26): 4014-4017.
- Ariizumi. T., Y. H. Shinozaki., Ezura. 2013. Genes that influence yield in tomato. *Breeding Science* 63, 3-13.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Produksi sayuran buncis, bayam, ketimun dan tomat. <https://jabar.pbs.go.id/staticable/2018/03/14/318/produksi-tanaman-sayuran-buncis-bayam-ketimun-dan-tomat-menurut-kabupaten-kota-di-provinsi-jawa-barat-2016.html> (diakses pada 24 April 2020)
- BPS dan Dirjen Hortikultura. 2017. Sub Sektor Hortikultura. http://www.pertanian.go.id/ap_pages/mod/datahorti. [Cited 2019 September 5].
- Davenport. T.L., P.W. Morgan., W.R. Jordan. 1977. Auxin transport as related to leaf abscission during water stress in cotton. *Plant Physiol.* 59, 554-557.
- Fukaki. H., H. Fujisawa., M. Tasaka. 1996. Gravitropic response of inflorescence stems in *Arabidopsis thaliana*. *Plant Physiol.* 110, 933-943.

- Harahap, E.R., L.A.M. Siregar, E.S. Bayu. 2013. Pertumbuhan akar pada perkecambahan beberapa varietas tomat dengan pemberian polyethylene glikol (PEG) secara *in vitro*. J. Online Agroekoteknologi, 1(3): 418 – 428.
- Hassanpanah. D. 2010. Evaluation of potato advanced cultivars against water deficit stress under *in vitro* and *in vivo* condition. Biotech. 9(2): 164-169.
- Hussain. M, A., S.H. Wani., S. Bhattacharje., D.J. Burrit., L. Phan Tran. 2016. Drought Stress Tolerance in Plants, Vol 1. Physiology and Biochemistry. Springer. 1-17.
- Kulkarni. M., U. Deshpande. 2007. *In vitro* screening of tomato genotypes for drought resistance using polyethylene glycol. Afr. J. Biotechnol. 5 (16): 1488-1493.
- Lawyer, D W, 1970. Absorption of PEG by plant and its effect on plant growth. New phytol. Vol 69, pp :501-503.
- Mexal., J. J.T Fisher., J. Osteryoung and C.P. Partick Reid. 1975. Oxygen Availability in Polyethylene Glycol Solution and its Implications in Plant Water Relation. Plant Physiol Vol 55, pp : 915-916.
- Mitoi, E.M., I. Holobuc, R. Blindu. 2009. The effect of mannitol on antioxidative enzymes *in vitro* term cultures of *Dianthus tenuifolius* and *Dianthus spiculifolius*. Rom. J. Biol. Plant Biol., 54(1): 2533.
- Nurmala, T., A.W. Irwan, A. Wahyudin, dan F.Y. Wicaksono. 2015. Agronomi Tropis. Penerbit Giratuna. Bandung.
- Oliveira. A.B.D., N.L.M. Alencarand., E.G. Filho. 2011. Physiological and biochemical responses of semiarid plants subjected to water stress. National Institute of Science & Technology Salinity/CNP Brazil, pp. 43-58.
- Piwowarczyk. B., I. Kamińska., W. Rybiński. 2014. Influence of PEG Generated Osmotic Stress on Shoot Regeneration and Some Biochemical Parameters in *Lathyrus* Culture. Czech Journal of Genetics and Plant Breeding. 50 (2): 77 – 83.
- Pramanik. K., P. P. Mohapatra. 2017. Role of auxin on growth, yield and quality of tomato - A Review. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 6 (11): 1624-1636.
- Saito. T., T. Ariizumi., Y. Okabe., E. Asamizu., K. Hiwasa-Tanase., N. Fukuda., T. Mizoguchi., Y. Yamazaki., K. Aoki., H. Ezura. 2011. TOMATOMA: A novel tomato mutant database distributing Micro-Tom mutant collections. Plant Cell Physiology 52(2): 283–296.
- Saxena. N.P., J.C. O’Toole. 2002. Field screening for drought tolerance in crop plants with emphasis on rice: Proceedings of an International Workshop on Field Screening for Drought Tolerance in Rice, 11-14 Dec. 2000, ICRISAT, Patancheru, India. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India, and the Rockefeller Foundation, New York, New York 10018-2702, USA. 208 pp. Order code CPE 139. ISBN 92-9066-448-7.
- Seo, P.J., F. Xiang, M. Qiao, J-Y. Park, Y.N. Lee, S-G. Kim, Y-H. Lee, W.J. Park, and C-M. Park. 2009. The MYB96 Transcription Factor Mediates Abscisic Acid Signaling during Drought Stress Response in *Arabidopsis*. Plant Physiol. 151(1): 275–289.
- Sinaga. E., M. S. Rahayu., A. Maharijaya. 2015. Seleksi toleransi kekeringan *in vitro* terhadap enam belas aksesori tanaman terung (*Solanum melongena* L.) dengan polietilena glikol (PEG). J. Hort. Ind. 6(1): 20-28.
- Streuter. A. 1980. Water potential of aqueous polyethylene glycol. Plant Physiol. 64(1): 64-67.
- Tognetti, V.B., O.V. Aken, K. Morreel, K. Vandebroucke, B.v.d. Cotte, I.D. Clercq, S. Chiwocha, R. Fenske, E. Prinsen, W. Boerjan, B. Genty, K.A. Stubbs, D. Inzé, and F.V. Breusegem. 2010. Perturbation of Indole-3-Butyric Acid Homeostasis by the UDP-Glucosyltransferase UGT74E2 Modulates *Arabidopsis* Architecture and Water Stress Tolerance. Plant Cell., 22(8): 2660–2679.
- Widoretno. S. 2003. Pengaruh penambahan nitrat dan Cu terhadap konsentrasi Cu dalam organ *Arachis hypogea* L. Biosmart Vol.5, No. 2. Hal 94-97.