



## Pengaruh Cekaman Garam Terhadap Kandungan Antioksidan Daun *Alternanthera Philoxeroides*

Laras Kristina\*, Elizabeth Betty Elok Kristiani  
Universitas Kristen Satya Wacana  
\*E-mail: laraskristina@gmail.com

### Info Artikel

Sejarah Artikel:  
Diterima: 25 Mei 2021  
Disetujui: 5 Juni 2021  
Dipublikasikan: 30 Juni 2021

#### Kata kunci:

Antioksidan, *A. philoxeroides*,  
Cekaman, Senyawa  
Antioksidan

### Abstrak

Keragaman jenis tumbuhan di Indonesia masih banyak yang tumbuh liar serta belum diketahui manfaatnya oleh masyarakat. Gulma merupakan tumbuhan liar yang hidup di tempat yang tidak dikehendaki namun dapat memberikan dampak positif karena bisa bermanfaat bagi kesehatan misalnya bersifat antioksidan. *Alternanthera philoxeroides* merupakan salah satu gulma yang diduga memiliki senyawa antioksidan alami karena *A. philoxeroides* memiliki kemampuan adaptasi yang kuat terhadap kondisi lingkungan tempat tumbuh. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengukur respon dan kandungan antioksidan pada tanaman *A. philoxeroides* yang mendapat cekaman garam NaCl. Desain penelitian dilakukan dengan RAL pola searah dengan menetapkan sampel kelompok perlakuan dan kontrol. Pada tahap perlakuan tanaman ditumbuhkan pada cekaman garam dengan konsentrasi 100, 200, dan 400 mM selama 2 minggu. Parameter uji sebagai senyawa penanda antioksidan meliputi klorofil, karotenoid dan asam askorbat pada daun. Pada ekstraksi sampel daun dari masing-masing perlakuan dimaserasi menggunakan pelarut etanol, kadar senyawa ditentukan secara spektrofotometri. Data dianalisis menggunakan SPSS dengan One Way Anova. Klorofil dan karotenoid yang tertinggi pada perlakuan kontrol yaitu sebesar 0,0025mg/gr dan 0,13mg/gr. Kadar asam askorbat paling tinggi pada perlakuan cekaman garam NaCl 200 mM yaitu 1086,9µg/gr. Cekaman garam mempengaruhi tingkat asam askorbat sebagai antioksidan, namun tidak mempengaruhi kadar klorofil dan karotenoid.

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keragaman jenis tumbuhan terbesar serta berpotensi sebagai obat yang dapat dimanfaatkan masyarakat (Kehati 2001). Keragaman jenis tumbuhan di Indonesia masih banyak yang tumbuh liar serta belum diketahui manfaatnya oleh masyarakat. Gulma merupakan tumbuhan liar yang tidak selalu memberikan dampak negatif, namun juga dapat memberikan dampak positif atau memberikan keuntungan bagi masyarakat di antaranya dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan atau pakan bahkan dapat berfungsi sebagai obat (Badrunasar & Santoso, 2016). Beberapa jenis gulma memiliki kandungan senyawa antioksidan tinggi yang banyak diteliti dapat mengurangi resiko penyakit berbahaya seperti diabetes, jantung dan penyakit kronis lainnya, yang mana mekanisme senyawa antioksidan ini akan menangkap dan memutus reaksi berantai dari radikal bebas di dalam tubuh (Gill, 2002).

*Alternanthera philoxeroides* merupakan salah satu gulma yang banyak ditemukan di perairan seperti rawa, tepi aliran sungai, dekat parit, dan tempat-tempat lembab lainnya. Tanaman ini termasuk tumbuhan herba dengan batang merambat dan membentuk akar ruas. Daunnya berwarna hijau tua, elips,

dan tidak berbulu. Tumbuhan air ini memiliki batang berlubang sepanjang 10 m yang membentuk anyaman di seluruh badan air dan muncul hingga 20 cm keluar dari air saat tumbuhan berbunga. Perbungaannya berwarna putih, terminal dan tumbuh di ketiak daun, serta memiliki tangkai pendek (Morin, 1993). *A. philoxeroides* memiliki kemampuan adaptasi yang kuat terhadap lingkungan dimana dapat mentolerir tingkat salinitas yang relatif tinggi untuk tanaman air tawar 10-30% dari air laut (Global Invasive Species Database, 2010) *A. philoxeroides* juga dapat bertahan dan tumbuh dengan baik di perairan yang tercemar tembaga (Wei & Zheng-Hua, 2012) dan dapat beradaptasi dengan kondisi cahaya rendah  $\geq 12\%$  dari cahaya penuh (Weber, 2003).

*A. philoxeroides* memiliki kemampuan adaptasi tersebut diduga karena memiliki kandungan antioksidan yang dapat menghambat reaksi oksidasi akibat dari radikal-radikal bebas. Senyawa antioksidan ini merupakan hasil dari proses metabolit sekunder yang dihasilkan tanaman *A. Philoxeroides*. Metabolit sekunder akan diproduksi lebih banyak pada saat tanaman dalam kondisi stres atau mengalami cekaman biotik maupun abiotik (Nofiani 2008). Cekaman garam salah satu cekaman abiotik yang dapat membatasi pertumbuhan tanaman hal ini dikarenakan cekaman garam dapat mempengaruhi hampir semua proses fisiologis dan biokimia tanaman (Flowers, 2004). Efek spesifik dari cekaman garam yaitu stress hiperosmotik seluler, ketidakseimbangan ionik, serta peningkatan produksi *reactive oxygen species* (ROS) (Mandhania et al., 2006; Khan dan Panda, 2008). Tanaman yang tahan akan adanya ROS dalam tubuh maka akan melakukan adaptasi dengan cara memproduksi senyawa metabolit sekunder untuk mempertahankan diri. Tanaman untuk melindungi diri dari efek cekaman garam ini, dapat mengaktifkan sistem pertahanan antioksidan, yang secara efisien dapat mengurangi ROS. Dalam pengertian ini, sistem pertahanan antioksidan memainkan peran kunci menuju perolehan toleransi. Suatu tanaman dapat memiliki aktivitas antioksidan jika mengandung senyawa yang mampu menangkal radikal bebas seperti asam askorbat atau vitamin C, vitamin E, klorofil, karotenoid, flavonoid, tanin fenol, katekin, alkaloid, terpenoid dan resveratrol (Murray, 2009). Oleh karena itu untuk mengetahui respon dan ketahanan tanaman *A. philoxeroides* melalui senyawa antioksidan maka dilakukan penelitian suatu cekaman garam pada tanaman *A. philoxeroides*. Diharapkan dengan adanya cekaman tersebut dapat mendorong peningkatan antioksidannya.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari-Maret 2021. Penelitian dilaksanakan di dua Laboratorium di Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga. Tahap menumbuhkan tumbuhan saat pemberian perlakuan dilaksanakan di Laboratorium Akuakultur. Tahap pengujian kandungan senyawa dan aktivitas antioksidan dilaksanakan di Laboratorium Biokimia dan Biologi Molekuler. Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu spektrofotometer UV-Vis (Shimadzu UV-mini 1240), timbangan analitik (Shimadzu TXB 620), *waterbath*, tabung reaksi, gelas beker, erlenmeyer, labu takar, pipet ukur (Pyrex), pipet tetes, mikropipet (Thermo Scientific Finnppipete F3), botol film gelap, kuvet, mikrotube, mortar dan pastel, sentrifuge, *cooling box* dan kertas saring. Bahan yang digunakan untuk menganalisis dalam penelitian ini yaitu etanol, DMSO (Dimethyl sulfoxide), Na molibdat 2%, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 N, Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 1,5 mM dan larutan standar asam askorbat 0,2-1,0 mM.

### Jenis dan Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental murni yang melakukan percobaan terhadap kelompok perlakuan dan dibandingkan dengan kelompok kontrol yang tidak dikenai perlakuan. Penelitian ini dilakukan dengan rancangan acak lengkap (RAL) pola searah dengan menetapkan sampel dalam kelompok perlakuan dan kelompok kontrol dengan pengacakan agar setiap sampel memiliki peluang yang sama. Perlakuan penelitian yaitu dengan memberi cekaman garam dengan konsentrasi 100, 200 dan 400 mM sedangkan kontrol menggunakan air danau Rawa Pening. Untuk ulangan dalam penelitian RAL ditentukan dengan rumus  $t(n-1) \geq 15$  dimana  $t$  yaitu banyaknya perlakuan dan  $n$  yaitu banyaknya ulangan. Berdasarkan hal tersebut, maka ulangan penelitian sebanyak 5 kali. Pola searah dalam penelitian ini ditunjukkan dengan adanya perlakuan yang sama yaitu pemberian cekaman garam. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan diantaranya proses pengambilan tanaman di salah satu lokasi tumbuh *A. philoxeroides*, aklimatisasi, pemberian perlakuan, preparasi sampel. Pada akhir penelitian dilakukan pengukuran parameter penelitian meliputi kandungan klorofil & karotenoid menggunakan pelarut DMSO, serta asam askorbat (menggunakan asam sulfosalisilat).

### Preparasi Sampel

Preparasi sampel meliputi pengambilan sampel tumbuhan, aklimatisasi, dan pemberian perlakuan. Pengambilan sampel tanaman *A. philoxeroides* di daerah Sumurup Danau Rawa Pening Kabupaten Semarang pada bulan Januari 2021. Tanaman dengan ukuran seragam diambil kemudian dikumpulkan kedalam *cooling box* setelah itu dibawa ke Laboratorium. Sebelum diberi perlakuan tanaman diaklimatisasi terlebih dahulu dengan tujuan tanaman dapat beradaptasi terhadap lingkungan yang baru dimasukinya, selanjutnya tanaman ditumbuhkan pada akuarium kecil selama kurang lebih 1 minggu, setelah proses aklimatisasi selesai tanaman siap untuk diberi perlakuan. Pada tahap perlakuan tanaman ditumbuhkan pada media yang diberi cekaman garam dengan konsentrasi 100, 200, dan 400 mM sedangkan untuk kontrol digunakan air Danau Rawa Pening. Setelah 2 minggu masa perlakuan tanaman *A. philoxeroides* siap dipanen dan dianalisis parameter penelitian yang ditentukan.

### Analisis Sampel

Pengukuran Kadar Klorofil Total dan Karotenoid (Richardson *et al*, 2002). Sebanyak 0,04gram daun segar dari masing-masing perlakuan dipotong menjadi bagian kecil, kemudian dimasukan ke dalam botol film gelap dan direndam dalam larutan DMSO sebanyak 7 ml, selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam, setelah itu diukur nilai absorbansi larutan ekstrak dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 470, 645, dan 663 nm. Kandungan klorofil a, b dan karotenoid ditentukan berdasarkan persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Ca (mg/g berat segar)} &= [(12.7 \cdot A_{663}) - (2.69 \cdot A_{645})] \cdot (V/1000 \cdot W) \\ \text{Cb (mg/g berat segar)} &= [(22.9 \cdot A_{645}) - (4.68 \cdot A_{663})] \cdot (V/1000 \cdot W) \\ \text{TC (mg/g berat segar)} &= (20,08 \cdot A_{645} + 8,02 \cdot A_{663}) \cdot (V/1000 \cdot W) \\ \text{CX (mg/g berat segar)} &= (1000 \cdot A_{470} - 1.90 \text{Ca} - 63.14 \text{Cb}/214) \cdot (V/1000 \cdot W) \end{aligned}$$

Pengukuran Asam Askorbat (Panda dan Patra, 2007). Daun segar dari masing-masing perlakuan dipotong kecil-kecil kemudian ditimbang sebanyak 0,5 gram dan dihomogenkan dalam 3 ml asam sulfosalisilat 5% dengan menggunakan mortar dan pastel, selanjutnya disentrifus dengan kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit pada suhu 4°C, setelah itu diambil supernatan sebanyak 1 ml untuk diukur asam askorbatnya, kemudian ditambahkan 2 ml Na-molibdat 2% 2 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,15 N, 1 ml Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0,15 mM, dan kemudian diinkubasi dalam *waterbath* pada suhu 60°C selama 40 menit, selanjutnya supernatan disentrifus dengan kecepatan 3000 g selama 10 menit dan diukur nilai absorbansinya dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 660 nm, kandungan asam askorbat ditentukan berdasarkan kurva standar asam askorbat yang dibuat dengan seri konsentrasi 0 sampai 400 ppm dengan pelarut asam sulfosalisilat.

### Analisis dan Interpretasi Data

Analisis Data dilakukan menggunakan SPSS versi 22 yaitu tes homogenitas, tes normalitas, uji One Way Anova, dan uji Tukey.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan terhadap kandungan dan aktivitas senyawa antioksidan pada tanaman *A. philoxeroides* yang diberi perlakuan cekaman garam berbeda, didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Pengaruh perlakuan pemberian cekaman garam terhadap kandungan senyawa antioksidan.

Konsentrasi NaCl	Total Klorofil (mg/gr)	Karotenoid (mg/gr)	Asam Askorbat (µg/gr)
Kontrol	0,0025 ± 0,0002 <sup>c</sup>	0,13 ± 0,005 <sup>c</sup>	752,1 ± 114,2 <sup>a</sup>
100 mM	0,0023 ± 0,0005 <sup>c</sup>	0,12 ± 0,102 <sup>c</sup>	974,4 ± 125,6 <sup>ab</sup>
200 mM	0,0010 ± 0,0005 <sup>b</sup>	0,08 ± 0,007 <sup>b</sup>	1086,9 ± 159,4 <sup>b</sup>
400 mM	0,0003 ± 0,000009 <sup>a</sup>	0,05 ± 0,007 <sup>a</sup>	892,7 ± 153,7 <sup>ab</sup>

Keterangan:

- Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf berbeda menunjukkan ada beda nyata
- Angka dalam kolom yang sama diikuti huruf sama menunjukkan tidak ada beda nyata

Pengaruh konsentrasi garam NaCl terhadap kandungan klorofil dan karotenoid pada daun *A. philoxeroides* dapat dilihat pada Tabel 1, diketahui bahwa dari hasil pengujian terjadi penurunan kandungan klorofil dan karotenoid dengan semakin tingginya perlakuan salinitas. Kandungan pigmen klorofil dan karotenoid menunjukkan perbedaan yang signifikan antara perlakuan konsentrasi NaCl dan kontrol, namun antara perlakuan kontrol dan konsentrasi NaCl 100 mM tidak ada perbedaan secara signifikan walaupun terdapat penurunan kadar klorofil dan karotenoid. Hal ini sesuai dengan pendapat Thompson dkk, (1987) dimana pada tumbuhan yang mengalami stres oksidatif akan memiliki tanda-tanda seperti terjadi penuaan, timbul bercak pada daun, nekrosis, dan hilangnya klorofil yang menyebabkan penurunan kapasitas fotosintesis secara progresif. Panda dan Khan (2009) juga mengamati terdapat penurunan kadar klorofil dan karotenoid pada tanaman *Vigna radiata* setelah 24 jam tercekam garam. Santos (2004) mencatat bahwa tanaman *Helianthus annuus* (L.) ketika terkena cekaman garam menunjukkan penghambatan kuat sintesis 5-aminolevulinat (ALA), yaitu molekul prekursor klorofil. Penurunan kadar klorofil terjadi karena kerusakan membran dan gangguan fungsi metabolisme fotosintesis akibat akumulasi ion (Croser dkk, 2001), selain itu cekaman garam juga dapat menyebabkan peningkatan radikal bebas di dalam kloroplas dan berakibat pada rusaknya molekul klorofil sehingga proses fotosintesis pada tanaman akan terganggu (Zhang dkk, 2003). Dalam situasi ini klorofil harus sesegera mungkin didegradasi untuk mencegah kerusakan sel (Takamia dkk, 2000). Jika hal tersebut tidak terjadi secara cepat dan efisien, radikal bebas dalam tanaman akan meningkat sehingga sistem antioksidan tidak lagi berfungsi, maka dari itu dibutuhkan aktivasi sistem antioksidan lain yaitu karotenoid (Dolatabadian dkk, 2008). Karotenoid adalah pigmen yang berhubungan dengan perlindungan sel terhadap kerusakan fotooksidatif (Mittler, 2002), yang mana dalam penelitian ini penurunan kandungan karotenoid total sesuai dengan tugasnya yaitu sebagai antioksidan dimana kandungan karotenoid menunjukkan penurunan dengan diikuti konsentrasi cekaman garam NaCl yang semakin meningkat.

Asam askorbat merupakan salah satu antioksidan yang mana juga dapat meningkatkan mekanisme pertahanan untuk menghadapi cekaman garam NaCl pada tanaman. Berdasarkan hasil yang telah di dapat Tabel 1 diketahui bahwa kandungan asam askorbat mengalami peningkatan dengan adanya perlakuan salinitas yang semakin meningkat, dimana pada perlakuan salinitas 200 mM memiliki kandungan asam askorbat yang paling tinggi yaitu sebesar 1086,9 µg/gr, namun pada perlakuan salinitas 400 mM kandungan asam askorbat mengalami penurunan, dari hasil tersebut dapat diketahui juga bahwa kandungan asam askorbat paling maksimum dihasilkan pada cekaman salinitas 200 mM, sehingga pada cekaman salinitas 400 mM kandungan asam askorbat mengalami penurunan. Hal ini terjadi karena asam askorbat merupakan salah satu senyawa antioksidan yang akan meningkat jika mengalami stress oksidatif (Rhodes dkk, 1994). Menurut Arora dkk (2002) mekanisme asam askorbat terhadap cekaman garam NaCl berpengaruh pada metabolisme sel tanaman dengan melakukan perlindungan terhadap oksigen reaktif yang diproduksi berlebih ketika terjadi cekaman sehingga menghambat pertumbuhan dan pembelahan sel. Mekanisme ini digunakan untuk meningkatkan ketahanan tumbuhan sehingga dapat menyelamatkan tanaman agar tidak mati, asam askorbat dihasilkan oleh tanaman yang tercekam garam NaCl digunakan untuk mengkatalis dekomposisi ROS sehingga dapat melindungi sel tumbuhan dari kerusakan oksidatif (Mirsa dkk, 2009). Penurunan asam askorbat setelah mencapai maksimum dikarenakan adanya kerusakan oksidatif yang terjadi sehingga terjadi ketidakseimbangan antara kemampuan antioksidan yang dihasilkan tanaman dan toksisitas dari cekaman garam NaCl sehingga akan menyebabkan penurunan kandungan asam askorbat (Rodriguez dkk, 2002). Selain itu asam askorbat juga sangat sensitif terhadap pengaruh dari luar yang menyebabkan kerusakan seperti kadar air, suhu, oksigen dan katalisator logam yang menyebabkan asam askorbat mudah teroksidasi, yang mana cekaman garam NaCl menyebabkan kandungan kadar air pada tanaman terganggu sehingga menyebabkan penurunan kandungan asam askorbat (Andarwulan, 1992). Konsentrasi garam yang tinggi menyebabkan ketidakseimbangan seluler dan ionic, karena toksisitas ion-ion ini dapat mendorong stress osmotik pada tanaman.

## PENUTUP

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa cekaman paling optimum menghasilkan senyawa antioksidan berada pada cekaman garam NaCl 200 mM, cekaman garam NaCl dapat mempengaruhi peningkatan asam askorbat, namun tidak mempengaruhi peningkatan kadar air, kadar klorofil total dan karotenoid pada tanaman *A. philoxeroides*.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat kasih karunia yang dilimpahkan terutama dalam proses penyusunan artikel ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan artikel ini juga tak lepas dari doa dan dukungan berbagai pihak dari awal, pertengahan hingga akhir. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang membantu selama proses penyusunan laporan ini. Segenap dosen dan karyawan Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana yang memberikan banyak bantuan kepada penulis. Semua keluarga, kerabat dan teman-teman yang telah mendukung untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang turut membantu selama penyusunan tugas akhir ini berlangsung. Penulis menyadari bahwa artikel ini tidaklah sempurna, oleh sebab itu kritik dan saran sangat diharapkan untuk menjadi pengembangan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis mengucapkan terimakasih semoga tugas akhir ini memberikan manfaat di kehidupan mendatang.

### DAFTAR PUSTAKA

- Andarwulan, N dan Sutrisno. (1992). *Kimia Vitamin*. Jakarta: Rajawali Press.
- Arora, A., R.K. Sairam and G.C. Srivastava. (2002). Oxidative stress and antioxidative system in plants. *Current Science*. 82(10):1227-1238.
- Badrunasar, A., dan Santoso, H.B. (2016). *Tumbuhan Liar Berkhasiat Obat*. Forda Press. Bogor.
- Croser, C., R. Renault, J. Franklin, and J. Zwiazek. 2001. The effect of salinity on the emergence and seeding growth of *Picea mariana*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana*. *Env. Pollution.*, 115:9-16.
- Dolatabadian A., S. A. M. M. Sanavy, and N. A. Chashmi. (2008). The effects of foliar application of ascorbic acid (vitamin C) on antioxidant enzymes activities, lipid peroxidation and proline accumulation of canola (*Brassica napus* L.) under conditions of salt stress. *J. Agron. Crop Sci*. 194: 206-213.
- Flowers, T. J. (2004). Improving crop salt tolerance. *J. Exp. Bot*. 55: 307-319.
- Gill, M.I., Tomas-Barberan, F.A., Hess-Pierce, B. and Kader, A.A. (2002) Antioxidant Capacities, Phenolic Compounds, Carotenoids, and Vitamin C Contents of Nectarine, Peach, and P.
- Global Invasive Species Database (2010) *Alternanthera philoxeroides*.  
[http://issg.org/database/species/impact\\_info.asp? si=763&fr=1&sts=&lang=EN](http://issg.org/database/species/impact_info.asp?si=763&fr=1&sts=&lang=EN) [accessed on 13 Oktober 2020].
- Kehati. (2001). *Bioprospeksi*. Warta Kehati. Ed. Nopember - Desember 2001, Jakarta.
- Khan, M. H., and S. K. Panda. (2008). Alterations in root lipid peroxidation and antioxidative responses in two rice cultivars under NaCl-salinity stress. *Acta Physiol. Plant*. 30: 81-89.
- Mandhanian, S., S. Madan, and V. Sawhney. (2006). Antioxidant defense mechanism under salt stress in wheat seedlings. *Biol. Plantarum*. 227: 227-231.
- Mirsa, D. S., Maiti, R., Gosh, D. (2009). Protection of Swimming- Induced Oxidative stress in some vital organs by the treatment of composite extract of *Withania somnifera*, *Ocimum Sanctum* and *Zingiber Officinalis* in Male rat. *African Journal Tradisional*, 6 (4), 534-543.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends Plant Sci*. 9:405-410.
- Morin, R, N. (1993). *Flora of North America Editorial Committee eds*. Flora of North America North of Mexico. 18+ vols. New York and Oxford.
- Murray R. K., Granner D.K., Rodwell V.W., 2009. *Biokimia Harper*, (Andri Hartono). Edisi 27. Penerbit Buku Kedokteran, EGC. Jakarta.
- Nofiani, R. (2008). Artikel ulas balik: Urgensi dan mekanisme biosintesis metabolit sekunder mikroba laut. *Jurnal Natur Indonesia* 10(2):120-125.
- Panda, S.K. and Patra, H.K. (2007). Effect of salicylic acid potentiates cadmium-induced oxidative damage in *Oryza sativa* L. leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*. 29(6):567-575.
- Panda, S. K., and M. H. Khan. (2009). Growth, oxidative damage and antioxidant responses in

- greengram (*Vigna radiata* L.) under short-term salinity stress and its recovery. *J. Agron. Crop Sci.* 195: 442-454.
- Rhodes D. Samaras Y. (1994). Genetic control of osmoregulation in plants, in: Strange K. (Ed), Cellular and Molecular Physiology of cell volume regulation. CRC Press. *Boca Raton, FL*. pp. 347-361.
- Richardson, A.D., Duigan, S.P. and Berlyn, G.P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*. 153: 185-194.
- Rodriguez AA, Grunberg KA, Taleisnik EL. (2002). Reaktive Oxygen Spesies in the Elongation Zone of Maize Leaves Are Necessary for Leaf Extension. *Plant physiol*, 129: 1627- 1632.
- Santos, C. V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Sci. Hortic. -Amsterdam*. 103: 93-99.
- Takamiya, K., I., T. Tsuchiya, and H. Ohta. (2000). Degradation pathway(s) of chlorophyll: what has gene cloning revealed. *Trends Plant Sci.* 5: 426-431.
- Thompson, J. E., R. L. Ledge, and R. F. Barber. (1987). The role of free radicals in senescence and wounding. *New Phytol.* 105: 317-344.
- Weber E. (2003). *Invasive Plant Species of the World. A Reference Guide to Environmental Weeds*. p. 548. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Wei G & Zheng-Hua H (2012) Effects of stolon severing on the expansion of *Alternanthera philoxeroides* from terrestrial to contaminated aquatic habitats. *Plant Species Biology* 27, 46–52.
- Zhang, S., J. Pan, T. Tu, S. Yao, and C. Xu. (2003). Study on the photogeneration of superoxide radicals in Photosystem II with EPR spin trapping techniques. *Photosynth. Res.* 75: 4148.