

Seminar Nasional dalam Rangka Dies Natalis ke-47 UNS Tahun 2023

“Akselerasi Hasil Penelitian dan Optimalisasi Tata Ruang Agraria Untuk Mewujudkan Pertanian Berkelanjutan”

Akumulasi Logam Berat oleh Tanaman Bahan Pangan dan Potensi Dampak Kesehatan yang Ditimbulkan

Ade Sumiahadi

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Muhammadiyah Jakarta

Email: ade.sumiahadi@umj.ac.id

Abstrak

Perkembangan sektor industri di berbagai negara telah menyebabkan berbagai macam permasalahan terutama permasalahan limbah dan polusi, salah satunya adalah logam berat. Cemaran logam berat memiliki dampak negatif bagi ekosistem dan juga kesehatan manusia. Berbagai upaya dapat dilakukan untuk proses remediasi area yang terkontaminasi oleh logam berat, salah satunya adalah fitoremediasi dengan menggunakan tanaman hiper akumulatif logam berat. Beberapa tanaman dapat mengakumulasi logam berat termasuk tanaman budidaya (bahan pangan). Namun penggunaan tanaman bahan pangan sebagai fitoremediator tidak direkomendasikan untuk menghindarkan tanaman tersebut dipanen dan dikonsumsi oleh manusia maupun hewan ternak. Artikel ini mencoba memberikan informasi singkat terkait potensi tanaman budidaya dalam mengakumulasi cemaran logam berat serta dampak kesehatan yang mungkin muncul dari bahan pangan yang tercemar logam berat. Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa beberapa tanaman bahan pangan memiliki potensi untuk menyerap dan mengakumulasi logam berat. Paparan logam berat pada tanaman bahan pangan dapat menyebabkan masalah kesehatan yang serius pada kadar tertentu jika dikonsumsi. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya pencegahan agar tidak terjadi kontaminasi bahan pangan oleh logam berat, sehingga dapat mengurangi resiko permasalahan kesehatan akibat pencemaran tersebut.

Kata kunci: cemaran, fitoremediasi, fitoekstraksi, kontaminasi, pengelolaan limbah

Pendahuluan

Sektor industri merupakan salah satu sektor yang penting bagi negara-negara berkembang. Perkembangan sektor industri di beberapa negara berkembang meningkat secara tidak terarah tanpa adanya perencanaan yang matang terutama terkait perencanaan dan

pengelolaan yang baik sehingga menimbulkan berbagai permasalahan. Salah satu permasalahan yang muncul sebagai hasil dari kondisi tersebut adalah permasalahan limbah dan polusi. Salah satu permasalahan limbah yang dihasilkan oleh sektor industri adalah polusi logam berat (Adesuyi et al., 2015; Jiao et al., 2015). Cemaran logam berat dapat menyebabkan dampak buruk terhadap kesehatan bahkan kematian (Jarup & Akesson, 2009). Selain itu, cemaran logam berat juga dapat memberikan dampak negatif terhadap ekosistem dan kehidupan di dalamnya.

Logam berat merupakan jenis polutan yang menjadi perhatian karena sulit untuk didegradasi secara alami di alam sehingga butuh metode yang efektif dan mudah untuk meremediasi atau mengurangi cemaran logam berat tersebut (Alkorta et al., 2004). Remediasi merupakan proses yang dilakukan untuk mengurangi atau menghilangkan cemaran logam berat dari tanah, air tanah dan air permukaan (Henry, 2000). Salah satu teknik remediasi yang dapat dilakukan adalah remediasi dengan menggunakan tanaman yang disebut sebagai fitoremediasi (*phytoremediation*). Fitoremediasi dianggap sebagai teknik remediasi yang efektif, efisien, murah dan ramah lingkungan dengan menggunakan tumbuhan yang mampu mengakumulasi polutan (logam berat, radionuklida maupun polutan organik) dari tanah maupun air yang tercemar (Ali *et al.*, 2013). Efektivitas dari fitoremediasi didasarkan pada sejauh apa kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungan yang tercemar. Beberapa penelitian terdahulu melaporkan bahwa beberapa tanaman mampu mengakumulasi berbagai logam berat yang berbeda sehingga dapat digunakan sebagai fitoremediator (Sumiahadi & Acar, 2018; Sumiahadi *et al.*, 2019).

Kemampuan tanaman dalam mengakumulasi logam berat dari lingkungan yang tercemar perlu mendapat perhatian khusus terutama tanaman bahan pangan. Beberapa tanaman bahan pangan yang bersifat hiper akumulatif terhadap logam berat antara lain sawi (*Brassica juncea* L.) (Pitre *et al.*, 2010; Singh dan Fulekar, 2012; Sharma, 2016), selada (*Lactuca sativa* L.) (Gunduz *et al.*, 2012; Rashid et al., 2014; Quainoo *et al.*, 2015), bayam jepang (*Spinacia oleracea* L.) (Pathak *et al.*, 2013; Jahanbakhshi *et al.*, 2014; Abhilash et al., 2016), dan leunca (*Solanum nigrum* L.) (Wei et al., 2006; Wei *et al.*, 2010; Ji *et al.*, 2011). Logam berat yang diakumulasi oleh tanaman tersebut akan disimpan dalam jaringan (akar, batang, daun, maupun organ generatif). Ketika tanaman tersebut dipanen dan dikonsumsi oleh manusia, pada kadar tertentu dapat menyebabkan potensi dampak negatif bagi kesehatan. Oleh karena itu, penggunaan tanaman bahan pangan dan pakan untuk proses fitoremediasi harus dihindari. Artikel ini bertujuan untuk memberikan informasi singkat terkait potensi tanaman budidaya

dalam mengakumulasi cemaran logam berat serta dampak kesehatan yang mungkin muncul dari bahan pangan yang tercemar logam berat.

Akumulasi Logam Berat oleh Beberapa Tanaman Budidaya

Salah satu mekanisme tanaman dalam proses fitoremediasi adalah fitoekstraksi (*phytoekstraksi*). Pada proses ini, logam berat diserap melalui akar dan diakumulasi dalam jaringan tanaman terutama jaringan pada organ yang berada di atas permukaan tanah (Dixit et al., 2015). Setiap tanaman memiliki respons yang berbeda terhadap logam berat tertentu. Beberapa tanaman bersifat hiper akumulatif terhadap logam berat tertentu saja namun ada juga jenis tanaman yang bersifat akumulatif terhadap berbagai jenis logam berat dengan kadar yang berbeda-beda. Tabel 1 menyajikan beberapa tanaman bahan pangan yang memiliki kemampuan untuk mengakumulasi beberapa logam berat berdasarkan penelitian-penelitian terdahulu.

Respons setiap tanaman terhadap keberadaan berbagai jenis logam berat di dalam media tumbuh sangat bervariasi. Spesies tanaman yang berbeda dapat memiliki respons yang berbeda terhadap jenis logam berat yang sama, dan begitu juga suatu tanaman dapat memberikan respon yang berbeda terhadap jenis logam berat yang berbeda, sehingga memerlukan penelitian yang lebih rinci dan mendalam untuk mempelajari respons masing-masing tanaman terhadap logam berat dan bagaimana pengaruh logam berat tersebut terhadap pertumbuhan tanaman.

Potensi Dampak Kesehatan yang Ditimbulkan dari Kontaminasi Bahan Pangan oleh Logam Berat

Pada proses fitoekstraksi logam berat oleh tanaman, terjadinya penyerapan dan akumulasi logam berat di dalam jaringan tanaman bahan pangan yang kemudian sangat memungkinkan untuk dikonsumsi oleh manusia. Ketika logam berat masuk ke dalam tubuh manusia, logam berat tersebut dapat terakumulasi di dalam darah dan jaringan, yang pada kadar tertentu dapat menimbulkan dampak negatif terhadap kesehatan. Dampak negatif logam berat terhadap kesehatan manusia tersebut dapat menyebabkan penyakit yang serius bahkan kematian (Jarup, 2003; Jarup & Akesson, 2009). Logam berat yang berbeda dapat menyebabkan efek yang berbeda bagi manusia sebagaimana dijelaskan oleh Ali et al. (2013) dan Dixit et al. (2015) yang dirangkum dalam Tabel 2.

Tabel 1. Beberapa tanaman budidaya sumber pangan yang mampu mengakumulasi logam berat

| Tanaman | Lingkungan yang Tercemar | Logam Berat | Referensi |
|---|--------------------------|------------------------------------|--|
| Alfalfa (<i>Medicago sativa</i> L.) | Tanah | Cd | Ghnaya et al., 2015. |
| Bayam merah (<i>Amaranthus dubius</i>) | Tanah | Cr, Hg, As, Pb, Cu, Ni | Mellem et al., 2012. |
| Chickpea/Kacang Arab (<i>Cicer arietinum</i> L.) | Tanah | Cd, Pb, Cr, Cu | Wani et al., 2007; Dasgupta et al., 2011; Kambhampati & Vu, 2013; |
| Horensu/Bayam Jepang (<i>Spinacia oleracea</i> L.) | Tanah | Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Cr | Patel & Subramanian, 2006; Salaskar et al., 2011; Pathak et al., 2013; Jahanbakhshi et al., 2014; Abhilash et al., 2016; |
| Jagung (<i>Zea mays</i> L.) | Tanah | Cd, Pb, Zn, Cu | Mojiri, 2011; Abhilash et al., 2016; Tiecher et al., 2016. |
| Kacang gude (<i>Cajanus Cajan</i> (L.) Milsp.) | Tanah | As, Cd | Garg et al., 2014. |
| Kacang polong (<i>Pisum sativum</i> L.) | Tanah | Pb, Cu, Zn, Fe, Cd, Ni, As, Cr | Malecka et al., 2008; Wani et al., 2008; Hegedusova et al., 2009; Sharma et al., 2010; Garg et al., 2014. |
| Kanola (<i>Brassica napus</i> L.) | Tanah | Cd, Cu, Zn, Pb | Sheng dan Xia, 2006; Turan & Esringu, 2007; Dell'Amico et al., 2008. |
| Lentil (<i>Lens culinaris</i> Medic.) | Tanah | Pb | Wani & Khan, 2012. |
| Leunca (<i>Solanum nigrum</i> L.) | Tanah | Cd | Wei et al., 2006; 2010; Ji et al., 2011. |
| Lobak (<i>Raparus sativus</i> L.) | Tanah | As, Cd, Fe, Pb, Cu | Gunduz et al., 2012; Hatano et al., 2016 |
| Lokio (<i>Allium schoenoprasum</i> L.) | Tanah | Ni, Co, Cd | Goland-Goldhirsh, 2006. |
| Mentimun (<i>Cucumis sativus</i> L.) | Air | Pb | Takeda et al., 2006. |
| Padi (<i>Oryza sativa</i> L.) | Tanah | Cu, Cd | Li et al., 2008. |
| Sawi (<i>Brassica juncea</i> L.) | Tanah dan air | Cd, Cu, Zn, Pb | Belimov et al., 2005; Takeda et al., 2006; Turan & Esringu, 2007; Pitre et al., 2010; Singh & Fulekar, 2012; Sharma, 2016. |
| Selada (<i>Lactuca sativa</i> L.) | Tanah | Cu, Fe, Mn, Zn, Ni, Cd, Pb, Co, As | Achakzai et al., 2011; Gunduz et al., 2012; Rashid et al., 2014; Quainoo et al., 2015; |
| Selada air (<i>Lepidium sativum</i> L.) | Tanah | As, Cd, Fe, Pb, Hg | Gunduz et al., 2012; Smolinska & Szczodrowska, 2016. |
| Sorgum (<i>Sorghum bicolor</i> L.) | Tanah | Cd, Cu, Zn, Fe, Ni, Pb | Pinto et al., 2004; Al Chami et al., 2015. |

Berdasarkan Tabel 2 diketahui bahwa logam berat dapat menyebabkan dampak negatif yang cukup besar bagi kesehatan manusia, sehingga perlu mendapat perhatian. Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk mengurangi polusi logam berat dan kontaminasi bahan pangan dari logam berat di antaranya adalah:

1. Hindari penanaman tanaman bahan pangan pada daerah yang terkontaminasi atau berpotensi terkontaminasi logam berat
2. Hindari penggunaan input (pupuk organik, media tanam, dan air) yang tercemar logam berat untuk penanaman tanaman bahan pangan
3. Pastikan tanah dan input yang akan digunakan untuk proses penanaman bebas dari kontaminasi logam berat
4. Hindari mengkonsumsi tanaman yang tumbuh dan dipanen dari area yang terkontaminasi logam berat
5. Hindari memberikan tanaman yang telah terkontaminasi logam berat kepada hewan ternak sebagai pakan agar hewan ternak tidak teracuni dan tidak terjadi kontaminasi rantai makanan
6. Pada proses fitoremediasi area tercemar logam berat usahakan menggunakan tanaman non-pangan dan non-pakan untuk menghindari tanaman tersebut dipanen dan dikonsumsi oleh manusia atau dimakan oleh hewan ternak
7. Pemerintah membuat peraturan yang berkaitan dengan pengaturan semua kegiatan yang dapat menimbulkan permasalahan limbah dan cemaran logam berat serta limbah berbahaya lainnya
8. Perusahaan industri harus melakukan pengelolaan limbah dengan baik untuk menghindari terjadinya polusi lingkungan (tanah, air, dan udara) di sekitar lokasi industri tersebut sesuai dengan peraturan yang berlaku
9. Pemerintah setempat melakukan pengawasan yang ketat terhadap pengelolaan limbah industri dan memberikan sanksi bagi industri yang melanggar peraturan yang berlaku
10. Pemerintah, perusahaan dan/atau pihak lain yang terkait segera melakukan tindakan pemulihan area yang terkontaminasi logam berat dan melakukan pemantauan secara berkala pada lokasi yang terkontaminasi untuk menghindari dampak terhadap lingkungan dan masyarakat sekitar.

Tabel 2. Efek negatif beberapa logam berat terhadap kesehatan manusia

| Logam Berat | Batas Regulasi EPA* (ppm) | Efek Negatif bagi Kesehatan |
|-------------|---------------------------|--|
| Ag | 0,10 | Menyebabkan kulit dan jaringan tubuh lainnya menjadi abu-abu atau biru keabu-abuan, masalah pernapasan, iritasi paru-paru dan tenggorokan, serta sakit perut |
| As | 0,01 | Mempengaruhi proses seluler esensial seperti fosforilasi oksidatif dan sintesis ATP |
| Ba | 2,00 | Menyebabkan aritmia jantung, gagal napas, disfungsi gastrointestinal, otot berkedut, dan tekanan darah tinggi |
| Cd | 5,00 | Bersifat karsinogenik, mutagenik, dan pengganggu endokrin, serta menyebabkan kerusakan paru-paru dan tulang rapuh, serta memengaruhi pengaturan kalsium dalam sistem biologis |
| Cr | 0,10 | Menyebabkan kerontokan rambut |
| Cu | 1,30 | Menyebabkan kerusakan otak dan ginjal, menyebabkan sirosis hati dan anemia kronis, iritasi lambung dan usus |
| Hg | 2,00 | Menyebabkan kecemasan, penyakit autoimun, depresi, kesulitan keseimbangan, lekas marah, mengantuk, kelelahan, rambut rontok, infeksi berulang, insomnia, kehilangan ingatan, gelisah, gangguan penglihatan, tremor, ledakan emosi, kerusakan otak, gagal paru-paru dan ginjal |
| Ni | 0,20 | Menyebabkan penyakit kulit alergi seperti gatal-gatal, kanker paru-paru, hidung, sinus, dan tenggorokan melalui inhalasi terus menerus, bersifat imunotoksik, hematotoksik, neurotoksik, genotoksik, toksik reproduktif, toksik paru, nefrotoksik, hepatotoksik, serta menyebabkan rambut rontok |
| Pb | 15,00 | Paparan berlebih pada anak-anak menyebabkan gangguan perkembangan, kecerdasan berkurang, kehilangan ingatan jangka pendek, ketidakmampuan dalam belajar dan masalah koordinasi, serta meningkatkan risiko penyakit kardiovaskular, dan masalah ginjal |
| Se | 50,00 | Paparan diet sekitar 300 µg per hari memengaruhi fungsi endokrin, gangguan aktivitas sel pembunuh alami, hepatotoksitas, dan gangguan gastrointestinal |
| Zn | 0,50 | Menyebabkan pusing dan kelelahan |

*EPA: United State Environmental Protection Agency

Kesimpulan dan Saran

Cemaran logam berat memiliki potensi dampak yang besar bagi lingkungan dan kesehatan manusia. Paparan logam berat pada tanaman bahan pangan dapat terjadi akibat adanya proses penyerapan logam berat oleh tanaman dari media tanaman di mana tanaman tersebut tumbuh. Beberapa tanaman bahan pangan memiliki kemampuan dalam mengakumulasi logam berat dalam jumlah yang banyak pada jaringan sehingga ketika tanaman tersebut dikonsumsi oleh manusia pada kadar tertentu dapat menyebabkan masalah kesehatan

yang serius bahkan kematian. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya-upaya pencegahan agar tidak terjadi kontaminasi bahan pangan oleh logam berat, sehingga dapat mengurangi resiko permasalahan kesehatan akibat pencemaran tersebut.

Daftar Pustaka

- Abhilash, M. R., Srikantaswamy, S., Shiva Kumar, D., Jagadish, K., & Shruthi, L. (2016). Phytoremediation of heavy metal industrial contaminated soil by *Spinacia oleracea* L. and *Zea mays* L. *Int. J. Applied Sci.* 4(1), 192-199.
- Achakzai, A. K. K., Bazai, Z. A., & Kayani, S. A. (2011). Accumulation of heavy metals by lettuce (*Lactuca sativa* L.) irrigated with different levels of wastewater of Quetta City. *Pak. J. Bot.* 43(6), 2953-2960.
- Adesuyi, A. A, Hjoku, K. L., & Akinola, M.O. (2015). Assasment of heavy metals pollution in soil and vegetation around selected industries in Lagos State, Nigeria. *J. Geosci. Env. Prot.* 3, 11-19.
- Al Chami, Z., Amer, N., Al Bitar, L., & Cavoski, I. (2015). Potential use of *Sorghum bicolor* and *Carthamus tinctorius* in phytoremediation of nickel, lead and zinc. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* DOI 10.1007/s13762-015-0823-0
- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M A. (2013). Phytoremediation of heavy metals: concepts and applications. *Chemosphere* 91, 869-881.
- Alkorta, I., Hernandez-Allica, J., Becerril, J. M., Amezaga, I., Albizu, I., & Garbisu, C. (2004). Recent findings on the phytoremediation of soils contaminated with environmenally toxic heavy metals and metalloids such as zinc, cadmium, and arsenic. *Review in Environmental Science and Bio/Tecnology* 3, 71-90.
- Belimov, A. A., Hontzeas, N., Safranova, V. I., Demchinskaya, S.V., Piluzza, G., Bullitta, S., & Glick, B. R. (2005). Cadmium-tolerant plant growth-promoting bacteria associated with the roots of Indian mustard (*Brassica juncea* L. Czern.). *Soil Biol. Biochem.* 37: 241-250.
- Dasgupta, S., Satvat, P. S., & Mahinrakar, A.B. (2011). Ability of *Cicer arientinum* (L.) for bioremoval of lead and chromium from soil. *IJTES.* 2(3), 338-341.
- Dell'Amico, E., Cavalva, L., Andreoni, V. (2008). Improvement of *Brassica napus* growth under cadmium stress by cadmium-resistant rhizobacteria. *Soil Biol. Biochem.* 40, 74-84.
- Dixit, R., Wasiulah, Malaviya, D., & Pandiyan, K., Singh, U. B., Sahu, A., Shukla, R., Singh, B. P., Rai, J. P., Sharma, P. K., Lade, H., & Paul, D. (2015). Bioremediation of heavy metals from soil and aquatic environment: An overview of principles and criteria of fundamental processes. *Sustainability* 7, 2189-2212.

- Garg, N., Singla, P., & Bhandari, P. (2014). Metal uptake, oxidative metabolism, and mycorrhization in pegeon pea and pea under arsenic and cadmium stress. *Turk. J. Agric. For.* 39, 234-250.
- Ghnaya, T., Mnassri, M., Ghabriche, R., Wali, M., Poschenriender, C., Lutts, S., & Abdelly, C. (2015). Nodulation by *Sinorhizobium meliloti* originated from a mining soil alleviates Cd toxicity and increases Cd-phytoextraction in *Medicago sativa* L. *Frontiers in Plant Science* 6, 1-10.
- Goland-Goldhirsh, A. (2006). Plant tolerance to heavy metals, a risk for food toxicity or a means for food fortification with essential metals: the *Allium schoenoprasum* model. In: Twardowska, I., Allen, H. E., & Haggblom M. M. (Eds). *Soil and Water Pollution Monitoring, Protection and Remediation*. Springer. Netherlands. pp. 479-486.
- Gunduz, S., Uygur, F. N., & Kahramanoglu, I. (2012). Heavy metal phytoremediation potentials of *Lepidium sativum* L., *Lactuca sativa* L., *Spinacia oleracea* L. and *Raphanus sativus* L. *Herald J. Agric. Food Sci. Res.* 1(1), 1-5.
- Hatano, K., Kanazawa, K., Tomura, H., Yamatsu, T., Tsunoda, K., & Kubota, K. (2016). Molases melanoidin promotes copper uptake for radish sprouts: the potential for an accelerator of phytoextraction. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 23, 17656-17663.
- Hegedusova, A., Jakabova, S., Vargova, A., Hegeus, O., & Pernyeszi, T. J. (2009). Use of phytoremediation techniques for elimination of lead from polluted soils. *Nova Biotechnologica.* 9(2), 125-132.
- Henry, J. R. (2000). An overview of the phytoremediation of lead and mercury. *National Network of Environmental Management Studies*. U.S. Environmental Protection Agency. Washington D.C.
- Jahanbakhshi, S., Rezaei, M. R., & Sayyari-Zahan, M. H. (2014). Optimization of Phytoremediation in Cd-contaminated soil by using Taguchi method in *Spinacia oleracea*. In: Zhang, W. (Eds). *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. pp. 185-193.
- Jarup, L. & Akesson, A. (2009). Current status of cadmium as an enviromental health problem. *Toxicology and Applied Pharmacology* 238, 201-208.
- Jarup, L. (2003). Hazards of heavy metal contamination. *British Medical Bulletin* 68, 167-182.
- Ji, P., Sun, T., Song, Y., Ackland, M. L., & Liu, Y. (2011). Strategies for enhancing the phytoremediation of cadmium-contaminated agricultural soils by *Solanum nigrum* L. *Environ. Poll.* 159, 762-768.
- Jiao, X., Teng, Y., Zhan, Y., Wu, J., & Lin, X. (2015). Soil heavy metal pollution and risk assasment in Shenyang industrial district, Northeast China. *Plos One* 10(5), 1-9.
- Kambhampati, M. S., & Vu, V. T. (2013). EDTA enhanced phytoremediation of copper contaminated soils using chickpea (*Cicer aeritinum* L.). *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 91, 310-313.

- Li, P., Wang, X., Zhang, T., Zhou, D., & He, Y. (2008). Effect of several amendments on rice growth and uptake of copper and cadmium from a contaminated soil. *J. Environ. Sci.* 20, 449-455.
- Malecka, A., Piechalak, A., & Morkunas, I. (2008). Accumulation of lead in root cells of *Pisum sativum*. *Acta Physiol Plant* 30, 629-637.
- Mellem, J. J., Baijnath, H., & Odhav, B. (2012). Bioaccumulation of Cr, Hg, As, Pb, Cu and Ni with the ability for accumulation by *Amaranthus dubius*. *African Journal of Agricultural Research* 7(4), 591-596.
- Mojiri, A. (2011). The potencial of corn (*Zea mays*) for phytoremediation of soil contaminated with cadmium and lead. *J. Biol. Environ. Sci.* 5(13), 17-22.
- Patel, M., & Subramanian R.B. 2006. Effect of a chelating agent on lead uptake by *Spinacia olearea*. *Poll. Res.* 25(1), 77-79.
- Pathak, C., Chopra, A. K., & Srivastava, S. (2013). Accumulation of heavy metals in *Spinacia oleracea* irrigated with paper mill effluent and sewage. *Environ. Monit. Assess.* 185, 7343-7352.
- Pinto, A. P., Mota, A. M., de Varennes, A., & Pinto, F. C. (2004). Influence of organic matter on uptake of cadmium, zinc, copper and iron by shorgum plant. *Science of the Total Environ.* 326, 239-247.
- Pitre, F. E., Teodorescu, T.I., & Lebreque, M. (2010). Brownfiled phytoremediation of heavy metals using *Brassica* and *Salix* supplemented with EDTA: result of the first growing season. *J. Environ. Sci. Eng.* 4(9): 51-59.
- Quainoo, A. K., Konadu, A., & Kumi, M. (2015). The potential of shea nut shells in phytoremediation of heavy metals in contaminated soil using lettuce (*Lactuca sativa*) as a test crop. *J. Bioremed. Biodeg.* 6(1), 1-7.
- Rashid, A., Mahmood, T. Mehmood, F., Khalid, A., Saba, B., Batool, A., & Riaz, A. (2014). Phytoaccumulation, competitive adsorption and evaluation of chelators-metal interaction in letuce plant. *Environ. Eng. Management J.* 13(10), 2683-2692.
- Salaskar, D., Shrivastava, M., & Kale, S. P. (2011). Bioremediation potential od spinach (*Spinacia oleracea* L.) for decontamination of cadmium in soil. *Current Sci.* 101(10), 1359-1363.
- Sharma, H. (2016). Phytoremediation of lead using *Brasica juncea* and *Vetiveria zizanoides*. *Int. J. Life Sci. Res.* 4(1), 91-96.
- Sheng, X. F., & Xia, J. J. 2006. Improvement of rape (*Brassica napus*) plnat growth and cadmium uptake by cadmium-resistant bacteria. *Chemosphere* 64, 1036-1042.

- Singh, A., M.H. Fulekar. 2012. Phytoremediation of heavy metals by *Brassica juncea* in aquatic and terrestrial environment. In: Anjum, N. A., Ahmad, I., Pereira, M. E., Duarte, A. C., Umar, S., Khan, N. A. (Eds.) *The Plant Family Brassicaceae: Contribution Towards Phytoremediation*. Springer Science+Business Media B.V. Netherlands. pp. 153-169.
- Smolinska, B., & Szczodrowska, A. (2016). Antioxidative response of *Lepidium sativum* L. during assisted phytoremediation of Hg contaminated soil. *New Biotechnology* pp. 10. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nbt.2016.07.004>.
- Sumiahadi, A., & Acar, R. (2018). A review of phytoremediation technology: heavy metals uptake by plants. *IOP: Conf. Series: Earth and Environmental Science* 14, 012023. doi :10.1088/1755-1315/142/1/012023
- Sumiahadi, A., Acar, R., & Direk, M. (2019). The potential use of cover crops for phytoremediation process of heavy metals contaminated soils. In: Direk, M. (Ed). *Proceedings of 6th International Conference on Sustainable Agriculture and Environment*. Konya, October 3-5, 2019. pp. 14-20.
- Takeda, R., Sato, Y., Yoshimura, R., Komemushi, S., & Sawabe, A. (2006). Accumulation of heavy metals by cucumber and *Brassica juncea* under different cultivation conditions. In: *Proceeding of the Annual International Conference on Soil, Sediments, Water and Energy* 11, 293-299.
- Tiecher, T., Ceretta, C. A., Ferreira, P. A. A., Lourenzi, C. R., Tiecher, T., Giroto, E., Nicoloso, F. T., Soriani, H. H., de Conti, L., Mimmo, T., Cesco, S., & Brunetto, G. (2016). The potencial of *Zea mays* L. in remediating copper and zinc contaminated soils for grapevine production. *Geoderma* 262, 52-61.
- Turan, M., & Esringu, A. (2007). Phytoremediation based on canola (*Brassica napus* L.) and Indian mustard (*Brassica juncea* L.) planted on spiked soil by aliquot amount of Cd, Cu, Pb, and Zn. *Plant Soil Environ.* 53(1), 7-15.
- Wani, P. A., Khan, M. S., & Zaidi, A. 2007. Impact of heavy metal toxicity on plant growth, symbiosis, seed yield and nitrogen and metal uptake in chickpea. *Australian J. Exp. Agric.* 47, 712-720.
- Wani, P. A., & Khan, M. S. (2012). Bioremediation of lead by a plant growth promoting *Rhizobium* species RL9. *Bacteriology J.* 2(4), 66-78.
- Wei, S., Zhou, Q., & Koval, P.V. 2006. Flowering stage characteristic of cadmium hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. and their significance to phytoremediation. *Sci. Total Environ.* 369, 441-446.
- Wei, S., Li, Y., Zhou, Q., Srivastava, M., Chiu, S., Zhan, J., Wu, Z., & Sun, T. (2010). Effect of fertilizer amandments on phytoremediation of Cd-contaminated soil by newly discovered hyperaccumulator *Solanum nigrum* L. *J. Hazardous Materials* 176, 269-273.