

## Efek Interaktif Selenium dan Kromium Terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif *Tagetes erecta* L.

### Interactive Effect of Selenium and Chromium on Vegetative and Generative Growth of *Tagetes erecta* L.

Roslinda Kristin Tambunan, Sri Kasmiyati\*

Program Studi Biologi, Fakultas Biologi, Universitas Kristen Satya Wacana  
Jl. Diponegoro No. 52 – 60, Salatiga, Jawa Tengah, Indonesia, 50711

\*Email : kas@uksw.edu

Diterima 7 Desember 2022 / Disetujui 1 September 2023

#### ABSTRAK

Efek toksik kromium (Cr) pada tanaman menyebabkan terjadinya perubahan pertumbuhan. Penggunaan unsur mikronutrien selenium merupakan salah satu strategi yang efektif untuk menurunkan efek toksik logam berat termasuk Cr dan mengatur pertumbuhan serta perkembangan tanaman. Tujuan penelitian ini menganalisis efek interaktif selenium dan kromium terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif *Tagetes erecta*. Efek interaktif selenium dan kromium dikaji secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor yaitu konsentrasi ion kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) dalam bentuk  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dengan 3 level konsentrasi (0, 50 dan 100 mg/L), dan konsentrasi selenium dalam bentuk selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) dengan 3 level konsentrasi (0  $\mu\text{M/L}$ , 40  $\mu\text{M/L}$ , dan 80  $\mu\text{M/L}$ ). Interaksi selenium dan kromium mempengaruhi secara nyata pertumbuhan vegetatif dan generatif *T. erecta*. Penambahan selenium 80  $\mu\text{M/L}$  mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar dan jumlah bunga berturut-turut 8,5%, 11,5%, 4,5%, dan 6,0% dibandingkan tanaman kontrol (tanpa Se) pada tanaman dengan perlakuan Cr 50 mg/L. Pada penambahan Se sebesar 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$ , *T. erecta* dengan perlakuan Cr 100 mg/L terjadi penurunan tinggi tanaman dan panjang akar sebesar 5,4-5,9% dan 2,6-3,3% dibanding tanaman kontrol. Penambahan Se 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$  pada tanaman dengan perlakuan Cr 100 mg/L meningkatkan jumlah daun dan jumlah bunga secara nyata dibanding tanaman kontrol. Penelitian yang mengkaji tentang dosis dan peran Se dalam mekanisme toleransi terhadap logam Cr masih perlu dilakukan.

*Kata kunci: kromat, selenat, fase pertumbuhan, Tagetes erecta, bunga*

#### ABSTRACT

The toxic effects of chromium (Cr) on plants is to cause growth changes. The use of the micronutrient selenium is an effective strategy to reduce the toxic effects of heavy metals including Cr and regulate plant growth and development. The aim of this study was to analyze the interactive effects of selenium and chromium on the vegetative and generative growth of *Tagetes erecta*. The interactive effect of selenium and chromium was studied experimentally using a completely randomized design (CRD) with 2 factors, namely the concentration of chromate ion ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) in the form of  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  with 3 concentration levels (0, 50 and 100 mg/L), and the concentration of selenium in the form of selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) with 3 concentration levels (0  $\mu\text{M/L}$ , 40  $\mu\text{M/L}$ , and 80  $\mu\text{M/L}$ ). The interaction of selenium and chromium significantly affects the vegetative and generative growth of *T. erecta*. The addition of 80  $\mu\text{M/L}$  selenium was able to increase plant height, number of leaves, root length and number of flowers 8.5%, 11.5%, 4.5% and 6.0% compared to control plants (without Se), on plants treated with Cr 50 mg/L. The addition of Se of 40 and 80  $\mu\text{M/L}$ , *T. erecta* with Cr 100 mg/L treatment reduced plant height and root length by 5.4-5.9% and 2.6-3.3% compared to control plants. In contrast, the addition of Se 40 and 80  $\mu\text{M/L}$  to plants treated with Cr 100 mg/L significantly increased the number of leaves and the number of flowers compared to the control plants. Research that examines the dose and role of Se in the mechanism of tolerance to Cr metal still needs to be done.

*Keywords: chromate, selenat, growth phase, Tagetes erecta, flower*

## PENDAHULUAN

Kromium (Cr) adalah logam berat yang penting secara komersial dan digunakan secara luas di seluruh dunia dalam berbagai kegiatan industri (Saleem et al., 2022). Kromium digunakan dalam skala besar di berbagai industri diantaranya metalurgi, pelapisan/penyepuhan logam, produksi cat dan pigmen, penyamakan, pengawetan kayu, produksi kimia, serta produksi pulp dan kertas (Srivastava et al., 2021). Kromium di lingkungan, selain bersumber dari aktivitas antropogenik, juga bersumber dari alam. Tanah jenis serpentin merupakan sumber kromium alami yang paling penting (Wang et al., 2020). Penggunaan Cr yang sangat besar di berbagai industri menyumbang polutan Cr di lingkungan melalui pembuangan limbahnya. Mobilitas dan distribusi kromium di lingkungan tidak hanya terkait dengan konsentrasinya tetapi juga dengan ketersediaannya di lingkungan (Handa et al., 2018; Saleem et al., 2022). Logam Cr memiliki keunikan dibanding logam lainnya, karena reaktivitas dan toksisitasnya ditentukan oleh tingkat oksidasi. Tingkat oksidasi Cr bervariasi ( $Cr^{+6}$ ,  $Cr^{+5}$ ,  $Cr^{+4}$ ,  $Cr^{+3}$ ,  $Cr^{+2}$ ,  $Cr^{+1}$ ,  $Cr^0$ ,  $Cr^{-1}$ , dan  $Cr^{-2}$ ), namun yang paling stabil dan umum adalah  $Cr^0$ ,  $Cr^{3+}$ , dan  $Cr^{6+}$  (Sun et al., 2022). Kromium tergolong unsur beracun dan karsinogen serta sangat reaktif/oksidatif karena konfigurasi elektroniknya tidak stabil. Di antara 3 bentuk Cr yang stabil di lingkungan,  $Cr^{6+}$  (krom heksavalen) lebih toksik dibandingkan  $Cr^{3+}$ . Toksisitas  $Cr^{6+}$  ini karena keberadaannya dalam bentuk anion oksidasi (kromat atau dikromat), sedangkan  $Cr^{3+}$  biasanya terjadi dalam bentuk sulfat, hidroksida, dan oksida atau terikat pada senyawa organik tanah dan air (Saleem et al., 2022).

Salah satu dampak keberadaan Cr di lingkungan adalah pengaruh interaksinya dengan unsur hara esensial dalam proses penyerapan oleh tanaman (Handa et al., 2018). Akumulasi Cr di lingkungan dapat mengganggu penyerapan unsur makro dan mikro penting yang diperlukan untuk siklus hidup tanaman (Saleem et al., 2022). Cr tidak termasuk unsur esensial, namun memiliki kemiripan struktur dengan banyak unsur esensial, serta tidak memiliki mekanisme khusus untuk penyerapannya, sehingga dapat mempengaruhi

status hara esensial pada tanaman (Tiwari et al., 2013; Ali et al., 2018). Kromium dilaporkan memiliki kemiripan struktur dengan belerang (S), fosfor (P), dan besi (Fe), sehingga dapat mengganggu penyerapan, translokasi, dan akumulasi unsur hara tersebut (Ulhasan et al., 2019; Zaheer et al., 2020).

Selenium (Se) merupakan unsur hara yang memiliki struktur dan aktivitas biologis mirip dengan belerang (S) dan telah digolongkan dalam mikronutrien yang memiliki peran penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Pilon-Smits & Quinn, 2010; Handa et al., 2018). Unsur Se menunjukkan efek ganda pada pertumbuhan tanaman, pada konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan sebagai ameliorator berbagai cekaman abiotik termasuk logam berat, sedangkan pada konsentrasi tinggi sebagai oksidan yang menyebabkan kerusakan tanaman (Feng et al., 2013; Handa et al., 2018). Peran Se sebagai agen untuk melindungi cekaman logam berat pada tanaman telah dilaporkan pada beberapa tanaman dan jenis logam berat. Wu et al. (2016) melaporkan bahwa Se dapat melindungi tanaman *Brassica napus* dari toksisitas Cd dan Pb dengan mencegah terjadinya cekaman oksidatif pada tanaman. Se pada konsentrasi rendah dilaporkan mampu meningkatkan toleransi tanaman *Coleus blumei* terhadap cekaman timbal (Pb) (Yuan et al., 2013). Se (IV atau VI) dilaporkan dapat menghambat fitotoksitas Hg dengan konsentrasi 0, 0,5 dan 2,5 mg/kg-1 pada tanaman pakchoi (Tran et al., 2018). Se juga dilaporkan dapat mengurangi efek toksisitas kromium (Cr) pada pertumbuhan kecambah *Brassica juncea* (Handa et al., 2018). Meskipun Se telah dilaporkan dapat membantu tanaman mengatasi cekaman logam berat, namun bagaimana mekanisme Se dalam meningkatkan toleransi terhadap cekaman logam berat terutama Cr pada berbagai jenis tanaman masih perlu dikaji.

*Tagetes erecta* merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat termasuk kromium dan berpotensi digunakan untuk agen fitoremediasi. Tanaman *T. erecta* berpotensi sebagai agen fitoremediasi yang baik di tanah tercemar Cr. *T. erecta* dilaporkan dapat bertahan hidup dan mampu

mengembangkan mekanisme toleransi baik secara molekuler maupun fisiologis untuk bertahan hidup pada lingkungan tercekam logam berat (Coelho *et al.*, 2017). Adanya kemampuan tersebut menyebabkan *T. erecta* banyak digunakan untuk proses dekontaminasi daerah perkotaan sekaligus menyediakan ruang hijau bagi lingkungan sekitar (Chitraprabha & Sathyavathi, 2018). *T. erecta* digunakan sebagai tanaman uji karena merupakan tanaman ornamental, yang tidak dikonsumsi oleh manusia dan memiliki pertumbuhan cepat dengan perakaran kuat. Penelitian bertujuan untuk menganalisis efek interaktif selenium dan kromium terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif *T. erecta*.

## METODE PENELITIAN

### Bahan dan Rancangan Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dua faktor yaitu konsentrasi kromium heksavalen ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dan selenium (selenat). Perlakuan  $\text{Cr}^{6+}$  dalam bentuk ion kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) diperoleh dari senyawa  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dengan tiga level konsentrasi sebesar 0, 50 dan 100 mg/L, sedangkan perlakuan selenium dalam bentuk selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) dengan tiga level konsentrasi yaitu 0  $\mu\text{M/L}$ , 40  $\mu\text{M/L}$ , dan 80  $\mu\text{M/L}$ . Bibit tanaman *T. erecta* diperoleh dari penjual bibit tanaman hias di daerah Kopeng, Kecamatan Getasan, Kabupaten Semarang.

### Penyiapan Bibit Tanaman *T. erecta*

Bibit tanaman *T. erecta* yang digunakan berumur 2-3 minggu dengan rata-rata tinggi awal sekitar 7-8 cm dengan jumlah daun sekitar 11 daun per tanaman. Bibit tanaman dipindah dalam polibag yang diisi media tanam berupa campuran tanah dan kompos dengan perbandingan (1: 1) sebanyak 2 kg. Selanjutnya bibit tanaman diaklimatisasi selama 7 hari sebelum diberi perlakuan kombinasi Cr (kromat) dan Se (selenat).

### Penyiapan dan Pemberian Larutan Perlakuan Cr dan Se

Larutan kromat konsentrasi 50 mg/L dibuat dengan cara melarutkan sebanyak 9,71 mg  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  dalam akuades sampai 1 liter, sedangkan konsentrasi 100 mg/L dibuat dengan melarutkan  $\text{K}_2\text{CO}_4$  sebanyak 19,42 mg dalam akuades sampai 1 liter. Pembuatan larutan selenat 40  $\mu\text{M/L}$  dilakukan dengan cara menimbang senyawa  $\text{SeO}_4$  sebanyak 5,72 mg dan dilarutkan dalam akuades sampai 1 liter, sedangkan untuk membuat perlakuan selenat konsentrasi 80  $\mu\text{M/L}$  membutuhkan  $\text{SeO}_4$  sebanyak 11,43 mg yang dilarutkan dalam akuades sampai 1 liter. Perlakuan selenium dan kromium diberikan bersama-sama dalam bentuk larutan sebanyak 50 ml yang mengandung ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) sesuai perlakuan sebesar 50 dan 100 mg/L, dan selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) sebesar 40  $\mu\text{M/L}$ , dan 80  $\mu\text{M/L}$ , sedangkan kontrol disiram dengan akuades. Penyiraman larutan perlakuan dilakukan pada media tanam setiap 1 minggu sekali sampai akhir penelitian. Tiap kombinasi perlakuan dan kontrol dengan 4 ulangan.

### Pemeliharaan Tanaman *T. erecta*

Pemeliharaan tanaman selama penelitian dengan cara disirami setiap hari menggunakan akuades sebanyak 100 ml, kecuali pada saat pemberian larutan perlakuan kromat dan selenat. Pemeliharaan tanaman dilakukan sampai akhir penelitian selama 6 minggu setelah awal pemberian larutan perlakuan.

### Pengamatan Parameter

Parameter pertumbuhan vegetatif tanaman *T. erecta* yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan panjang akar yang dilakukan pada minggu pertama (setelah diberi perlakuan awal) dan di akhir penelitian (minggu keenam). Tinggi tanaman diukur menggunakan meteran dengan cara mengukur dari pangkal tanaman sampai sampai titik tumbuh. Penghitungan jumlah daun dilakukan dengan cara menghitung jumlah daun yang ada saat pengamatan pada setiap tanaman, dan sudah membuka serta lengkap bagian-bagiannya. Pengukuran panjang akar dilakukan dengan cara mengukur akar terpanjang menggunakan penggaris mulai dari pangkal akar sampai ujung akar. Parameter pertumbuhan generatif yang diamati

adalah jumlah bunga setiap minggu pada minggu pertama (setelah diberi perlakuan awal) dan di akhir penelitian (minggu keenam).

### **Analisis Data**

Data pertumbuhan vegetatif dan generatif yang diperoleh dianalisis secara statistik menggunakan analisis sidik ragam dua arah (*two-way ANOVA*) dan diuji lanjut dengan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) taraf uji 5% untuk mengetahui beda nyata di antara rata-rata perlakuan. Analisis statistik menggunakan program SAS (*Statistical Analysis System*) versi 9.1.3.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

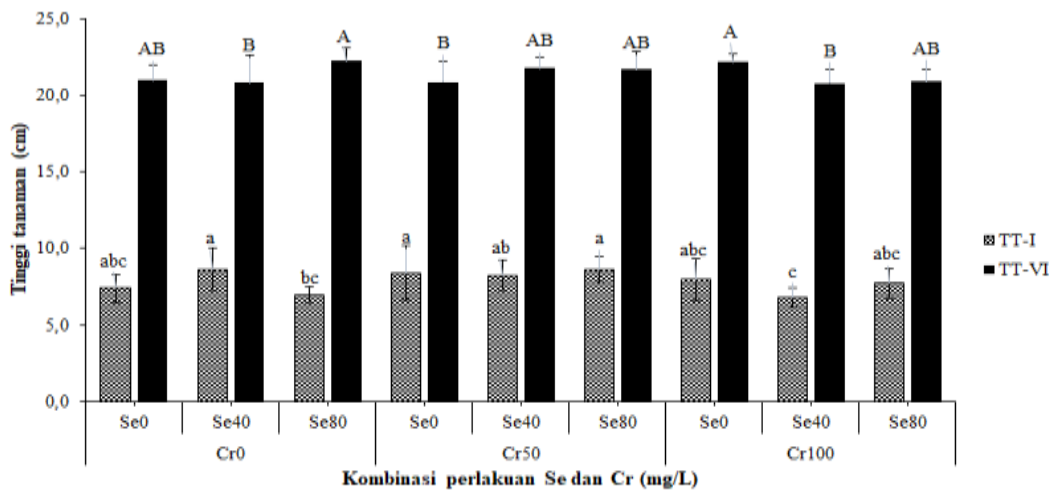
### **Pertumbuhan Vegetatif**

Kombinasi perlakuan selenium dalam bentuk selenat ( $\text{SeO}_4$ ) dan kromium dalam bentuk kromat ( $\text{CrO}_4$ ) menunjukkan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif *T. erecta*. Selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) dan kromat ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) menunjukkan efek interaktif pada tinggi tanaman, jumlah daun dan Panjang akar *T. erecta*. Pertumbuhan tinggi *T. erecta* pada minggu ke-1 dan ke-6 menunjukkan tinggi yang relatif tidak berbeda nyata di antara kombinasi perlakuan (Gambar 1). Tinggi tanaman pada minggu pertama tertinggi sebesar 8,6 cm dijumpai pada perlakuan Cr 0 mg/L, Se 40  $\mu\text{M/L}$  dan Cr 50 mg/L, Se 80  $\mu\text{M/L}$ , serta terendah sebesar 6,8 cm pada perlakuan Cr 100 mg/L, Se 40 mg/L. Efek interaktif Se dan Cr terlihat pada tinggi tanaman *T. erecta*. Penambahan konsentrasi Se sebesar 40 dan 80 mg/L meningkatkan tinggi tanaman pada perlakuan tanpa Cr dan Cr 50 mg/L, namun menurunkan tinggi pada perlakuan Cr 100 mg/L. Berdasarkan hasil pada Gambar 1 ditunjukkan bahwa selenium memiliki efek interaktif dengan kromium, pada kondisi media tanam mengandung Cr 50 mg/L Se sebesar 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$  mampu meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan Se konsentrasi kontrol (Se0), sebaliknya menurunkan tinggi tanaman pada Cr 100 mg/L.

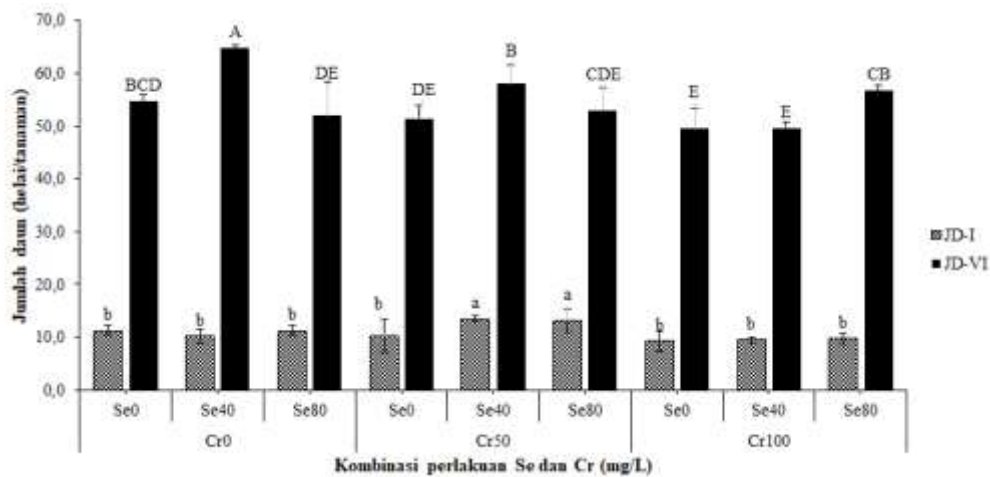
Selenium dilaporkan memiliki potensi memacu mekanisme toleransi tanaman yang penting pada saat menghadapi cekaman logam berat

yaitu dengan menghambat penyerapan logam berat oleh akar dan translokasinya ke bagian pucuk (Hasanuzzaman *et al.*, 2022; Asgher *et al.*, 2023). Penambahan selenium sebesar 2 – 6  $\mu\text{M}$  dilaporkan dapat meningkatkan pertumbuhan pucuk kecambah *Brassica juncea* pada kondisi tercekam Cr sebesar 300  $\mu\text{M}$  (Handa *et al.*, 2018). Penambahan selenium juga mampu meningkatkan pertumbuhan *Phaseolus aureus* pada kondisi cekaman logam arsenik (Malik *et al.*, 2012). Penambahan selenium sebesar 2,5 mg/kg pada tanaman *Melissa officinalis* dilaporkan Tavakoli *et al.* (2020) mampu meningkatkan panjang pucuk sebesar 17,89% dibanding tanaman kontrol, sebaliknya pada perlakuan Se tinggi (20 mg/kg) menurunkan panjang pucuk sampai 35,27% dibanding kontrol. Pada penelitian ini, peningkatan tinggi tanaman *T. erecta* pada penambahan Se 40 dan 89  $\mu\text{M/L}$  mencapai 5,7 -8,5% dibanding kontrol.

Jumlah daun *T. erecta* dipengaruhi secara nyata akibat perlakuan interaksi selenat dan kromat. Efek interaktif terhadap pertambahan jumlah daun di antara perlakuan juga menunjukkan perbedaan yang signifikan ( $P < 0.05$ ) (Gambar 2). Jumlah daun pada minggu ke-1 (JD-I) tidak berbeda nyata di antara perlakuan, kecuali pada perlakuan Cr 50 mg/L dengan penambahan Se sebesar 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$ . Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah daun pada tanaman *T. erecta* di awal penelitian relatif seragam. Berdasarkan hasil pengamatan minggu ke-6 (JD-VI) ditunjukkan bahwa tanaman yang diberi perlakuan Se 40  $\mu\text{M/L}$ , jumlah daun meningkat baik pada perlakuan tanpa Cr maupun Cr 50 mg/L dibandingkan tanpa penambahan Se dan Se 80  $\mu\text{M/L}$ . Jumlah daun pada tanaman yang diberi perlakuan Cr 100 mg/L menunjukkan efek interaktif yang berbeda nyata dengan tanpa perlakuan Cr dan Cr 50 mg/L. Pada kondisi cekaman Cr 100 mg/L, tanaman yang diberi perlakuan Se 80  $\mu\text{M/L}$  memiliki jumlah daun lebih tinggi dan berbeda nyata dibanding perlakuan kontrol (Se0) dan Se 40  $\mu\text{M/L}$ . Jumlah daun tertinggi ditunjukkan pada tanaman yang diberi kombinasi perlakuan Cr 0 mg/L - Se 40  $\mu\text{M/L}$  sebanyak 64,8 helai/tanaman, dan yang terendah sebanyak 49,5 helai/tanaman pada kombinasi perlakuan Cr 100 mg/L - Se 0  $\mu\text{M/L}$  dan Cr 100 mg/L - Se 40  $\mu\text{M/L}$ .



Gambar 1. Tinggi tanaman *T. erecta* pengamatan minggu pertama (TT-1) dan minggu keenam (TT-VI) pada kombinasi perlakuan Se dengan konsentrasi 0 µM/L (Se0), 40 µM/L (Se40), dan 80 µM/L (Se80), serta Cr<sup>6+</sup> dengan konsentrasi 0 mg/L (Cr0), 50 mg/L (Cr50), dan 100 mg/L (Cr100).



Gambar 2. Jumlah daun tanaman *T. erecta* pengamatan minggu pertama (JD-1) dan minggu keenam (JD-VI) pada kombinasi perlakuan Se dengan konsentrasi 0 µM/L (Se0), 40 µM/L (Se40), dan 80 µM/L (Se80), serta Cr<sup>6+</sup> dengan konsentrasi 0 mg/L (Cr0), 50 mg/L (Cr50), dan 100 mg/L (Cr100).

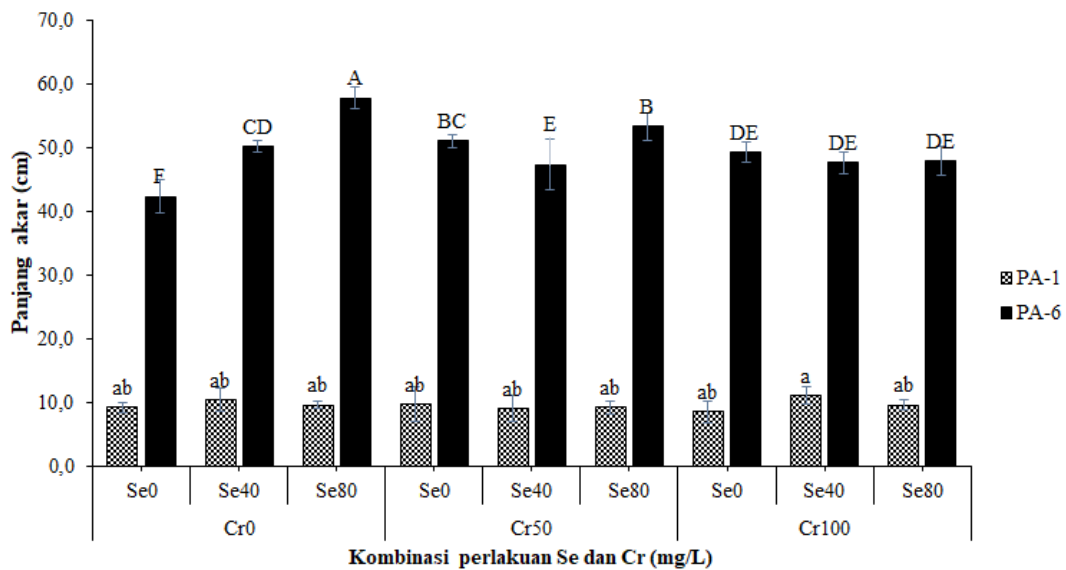
Selenium pada konsentrasi rendah dilaporkan memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan di antaranya mampu meningkatkan pertumbuhan, meningkatkan hasil dan kualitas, serta menunda pematangan dan penuaan (Pukacka *et al.*, 2011; Pezzarossa *et al.*, 2012; Wu *et al.*, 2016). Selenium termasuk unsur yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman serta dilaporkan mampu mengurangi toksisitas logam berat antara lain kromium (Cr), kadmium (Cd), arsenik (As) dan timbal (Pb) (Wu *et al.*, 2016; Gao *et al.*, 2018;

Younoussa *et al.*, 2018; Huang *et al.*, 2020; Guo *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2021). Selenium mengurangi efek toksik kromium melalui cara menghambat penyerapan kromium oleh akar (Guo *et al.*, 2020), meningkatkan kandungan total klorofil (Handa *et al.*, 2018), mencegah stress oksidatif (Feng *et al.*, 2013), serta memperbaiki kerusakan kloroplas (Ismael *et al.*, 2019). Ulhassan *et al.* (2019) melaporkan bahwa penambahan selenium secara signifikan mengurangi fitotoksitas dan kerusakan oksidatif yang disebabkan oleh cekaman Cr pada

*Brassica napus* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan meningkatkan sistem antioksidan. Selain itu, telah dilaporkan juga bahwa toksisitas Cr pada beberapa tanaman seperti sawi putih (*Brassica campestris* L.) dapat dimitigasi dengan Se, namun peran Se dalam mitigasi toksisitas Cr masih perlu dikaji lebih lanjut mekanismenya.

Kombinasi perlakuan Se dan Cr memberikan pengaruh secara nyata pada pertumbuhan memanjang akar (Gambar 3). Sama seperti tinggi tanaman dan jumlah daun, panjang akar pada minggu ke-1 tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan di antara perlakuan. Hasil ini menunjukkan bahwa pada awal penelitian tanaman *T. erecta* yang digunakan memiliki panjang akar yang relatif seragam. Hasil pengamatan panjang akar pada minggu ke-6 menunjukkan bahwa pertumbuhan memanjang akar dihambat oleh adanya cekaman kromium terutama pada perlakuan

Cr 100 mg/L. Penambahan Se sebesar 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$  secara nyata mampu meningkatkan panjang akar dibandingkan tanaman kontrol. Peningkatan panjang akar tertinggi dijumpai pada kombinasi perlakuan Se 80  $\mu\text{M/L}$  - Cr 0 mg/L dan Se 80  $\mu\text{M/L}$  - Cr 50 mg/L, berturut-turut sebesar 57,8 cm dan 53,3 cm. Penambahan Se sebesar 40 dan 80  $\mu\text{M/L}$  tidak mampu meningkatkan pertumbuhan memanjang akar pada tanaman *T. erecta* yang diberi cekaman kromium sebesar 100 mg/L. Panjang akar tanaman yang diberi cekaman kromium 100 mg/L mengalami penurunan tidak nyata dibandingkan tanaman kontrol sejalan dengan meningkatnya konsentrasi Se. Panjang akar terendah dijumpai pada kombinasi perlakuan Cr 50 mg/L - Se 40  $\mu\text{M/L}$ , dan menurun sebesar 7,25% dibanding tanaman dengan perlakuan Cr 50 mg/L - Se 0 mg/L.



Gambar 3. Panjang akar tanaman *T. erecta* pengamatan minggu pertama (PA-I) dan minggu keenam (PA-VI) pada kombinasi perlakuan Se dengan konsentrasi 0  $\mu\text{M/L}$  (Se0), 40  $\mu\text{M/L}$  (Se40), dan 80  $\mu\text{M/L}$  (Se80), serta  $\text{Cr}^{6+}$  dengan konsentrasi 0 mg/L (Cr0), 50 mg/L (Cr50), dan 100 mg/L (Cr100).

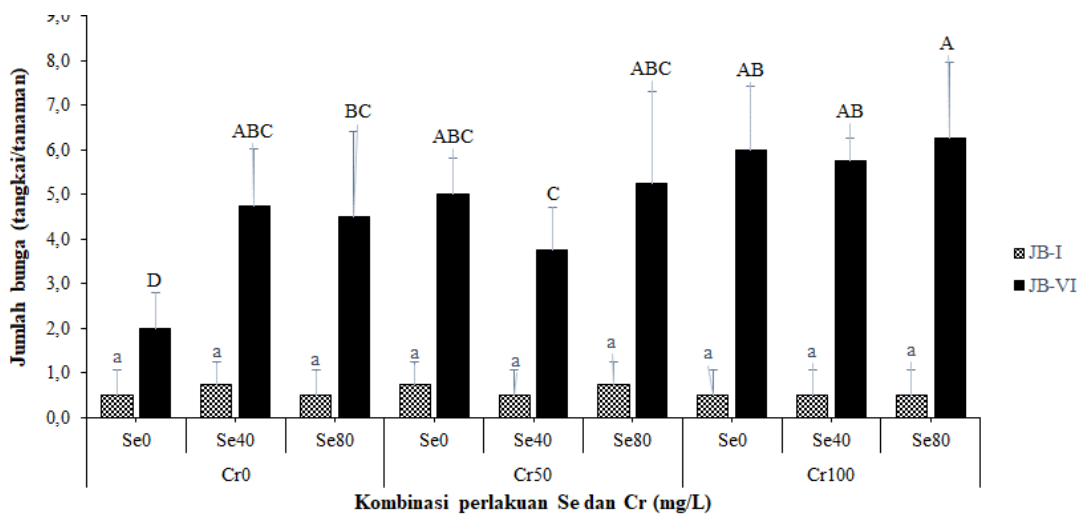
Selenium dilaporkan dapat mengurangi akumulasi logam berat seiring dengan meningkatnya pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Pandey & Gupta, 2018). Selenium berperan penting dalam mitigasi toksisitas logam berat karena mampu meningkatkan pertumbuhan

dan metabolisme karbohidrat yang diduga berperan dalam peningkatan pertumbuhan (Malik *et al.*, 2012; Asgher *et al.*, 2023). Se juga dilaporkan dapat menghambat penyerapan dan transportasi logam berat dengan cara mengubah pertumbuhan akar termasuk panjang dan arsitektur dari akar, serta

menstimulasi berbagai jenis antioksidan untuk meningkatkan toleransi tanaman terhadap toksisitas logam berat. Berdasarkan hasil penelitian ini ditunjukkan bahwa Cr pada konsentrasi 100 mg/L menurunkan panjang akar. Singh *et al.* (2013) melaporkan bahwa efek toksik Cr lebih nyata pada akar dibandingkan pada pucuk, karena Cr dapat menghambat pembelahan dan pemanjangan sel yang menyebabkan berkurangnya panjang akar. Penghambatan pertumbuhan akar dapat menurunkan penyerapan dan translokasi air serta unsur hara mineral ke bagian pucuk, sehingga pertumbuhan pucuk juga akan terganggu. Malik *et al.* (2012) melaporkan bahwa pemberian perlakuan Se pada *Brassica juncea* dapat membantu meningkatkan semua karakteristik pertumbuhan tanaman pada cekaman logam berat. Cekaman Cr 300  $\mu$ M dilaporkan menurunkan panjang akar sebesar 56,3% dibandingkan kontrol pada tanaman *B. juncea*, dan pemberian perlakuan Se sebesar 4  $\mu$ M mampu meningkatkan panjang akar sampai 88,3% dibandingkan tanaman yang hanya diberi perlakuan Cr (Handa *et al.*, 2018).

### Pertumbuhan Generatif

Pertumbuhan generatif *T. erecta* diamati berdasarkan jumlah bunga yang dihasilkan selama penelitian. Perlakuan kombinasi Se dan Cr mempengaruhi secara nyata pembentukan bunga pada semua perlakuan (Gambar 4). Tanaman *T. erecta* pada awal penelitian (minggu ke-1) menunjukkan kondisi yang relatif seragam yaitu memiliki jumlah bunga yang tidak berbeda nyata di antara perlakuan. Hasil pengamatan pembentukan bunga pada minggu ke-6 menunjukkan hasil yang bervariasi dan berbeda nyata di antara perlakuan. Jumlah bunga cenderung semakin meningkat sejalan dengan meningkatnya perlakuan Cr dan Se. Jumlah bunga tertinggi dijumpai pada tanaman dengan perlakuan Cr 100 mg/L – Se 80  $\mu$ M/L sebanyak 6,3 tangkai/tanaman, dan yang paling rendah pada perlakuan Cr 0 mg/L – Se 0  $\mu$ M/L sebanyak 2,0 tangkai/tanaman (Gambar 5).



Gambar 4. Jumlah bunga tanaman *T. erecta* pengamatan minggu pertama (JB-1) dan minggu keenam (JB-VI) pada kombinasi perlakuan Se dengan konsentrasi 0  $\mu$ M/L (Se0), 40  $\mu$ M/L (Se40), dan 80  $\mu$ M/L (Se80), serta Cr<sup>6+</sup> dengan konsentrasi 0 mg/L (Cr0), 50 mg/L (Cr50), dan 100 mg/L (Cr100).

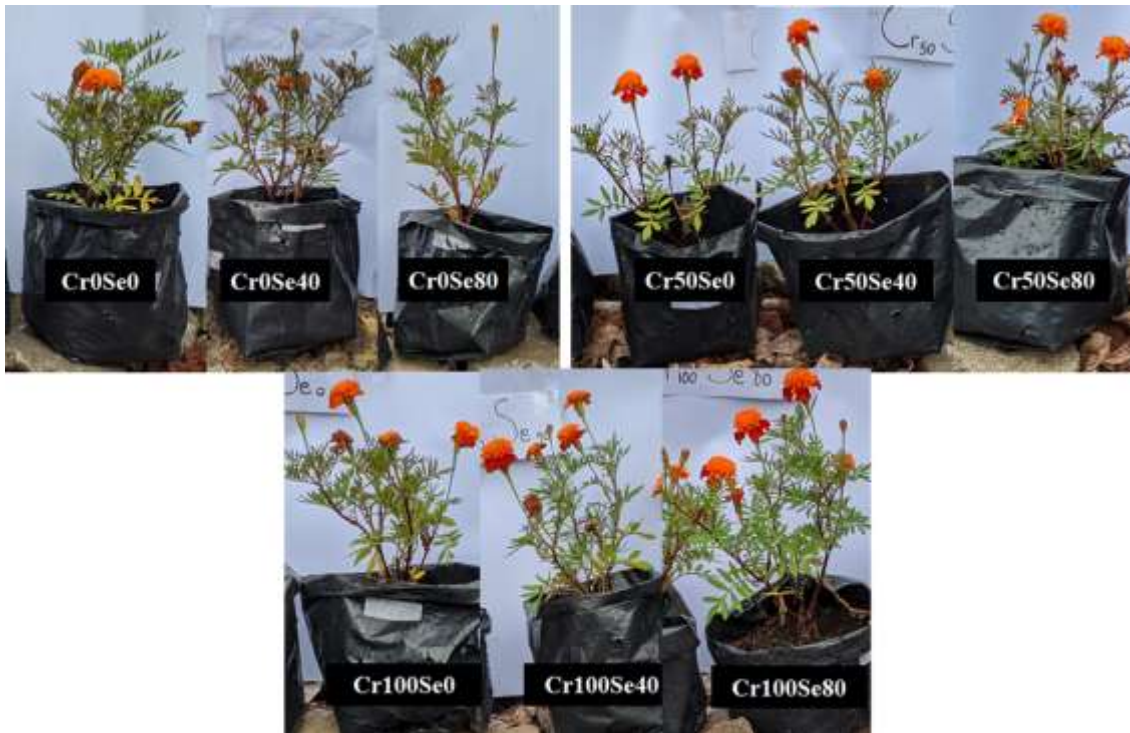
Pengaruh penambahan Se terhadap pembentukan bunga pada *T. erecta* terlihat pada tanaman tanpa perlakuan Cr. Jumlah bunga pada

tanaman *T. erecta* tanpa perlakuan Cr dengan penambahan Se sebesar 40 dan 80  $\mu$ M/L mengalami peningkatan 1,1 – 1,4 kali dibandingkan kontrol

*Efek Interaktif Selenium dan Kromium  
Terhadap Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Tagetes erecta L.*

(tanpa penambahan Se). Pada perlakuan cekaman Cr baik 50 maupun 100 mg/L, jumlah bunga tertinggi ditunjukkan pada perlakuan Se sebesar 80  $\mu$ M/L. Hasil menunjukkan bahwa unsur Se dapat membantu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta toleransi terhadap cekaman logam Cr. Tanaman yang terpapar logam berat cenderung mengurangi pertumbuhannya, dan penambahan Se pada tanaman yang berada pada kondisi cekaman logam berat mampu meningkatkan pertumbuhan dan fungsi fisiologisnya. Salah satu fungsi fisiologis yang ditingkatkan adalah perkembangan reproduktif (generatif) dan produktivitas. Peningkatan fungsi

fisiologi lain yang juga dipacu oleh Se dalam upaya meningkatkan toleransi terhadap cekaman logam berat di antaranya meningkatnya metabolisme osmotikum, stimulasi respon antioksidan, meningkatnya akumulasi dan transportasi unsur hara, serta homeostasis ion (Hasanuzzaman *et al.*, 2022). Shekari *et al.* (2019) melaporkan bahwa tanaman mentimun (*Cucumis sativus*) yang diberi Se 4 dan 6 mg/L mengalami peningkatan pertumbuhan generatif (jumlah bunga, rasio bunga jantan dan betina, jumlah buah, dan percepatan waktu pembentukan bunga dan buah) pada kondisi cekaman 60 mM Pb dan 100 mM Cd dibandingkan dengan tanaman kontrol.



Gambar 5. Tanaman *T. erecta* pada kombinasi perlakuan Se dengan konsentrasi 0  $\mu$ M/L (Se0), 40  $\mu$ M/L (Se40), dan 80  $\mu$ M/L (Se80), serta Cr<sup>6+</sup> dengan konsentrasi 0 mg/L (Cr0), 50 mg/L (Cr50), dan 100 mg/L (Cr100).

## KESIMPULAN

Selenium menunjukkan efek interaktif dengan kromium pada pertumbuhan *T. erecta* baik vegetatif maupun generatif, dan efek signifikan dijumpai pada jumlah daun, panjang akar dan jumlah bunga. Penelitian ini menunjukkan bahwa pengubahan pertumbuhan akar, daun dan bunga pada tanaman *T. erecta* yang diberi selenium merupakan salah satu mekanisme toleransi terhadap cekaman Cr. Oleh karena itu, penelitian secara

ekstensif dan berskala luas masih diperlukan untuk menentukan dosis dan keterlibatan Se dalam mekanisme toleransi terhadap logam Cr.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Joko Wartanto, S.Si. atas fasilitasi dan bantuan teknis selama penelitian di Laboratorium Biologi dan Biokimia, Fakultas Biologi Universitas Kristen Satya Wacana Salatiga.



## DAFTAR PUSTAKA

- Ali, S., Rizwan, M., Bano, R., Bharwana, S.A., ur Rehman, M.Z., Hussain, M.B., & Al-Wabel, M.I. (2018). Effects of biochar on growth, photosynthesis, and chromium (Cr) uptake in *Brassica rapa* L. under Cr stress. *Arabian Journal of Geosciences*, 11, 507. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-018-3861-3>
- Asgher, M., Rehaman, A., Islam, S.N., Arshad, M., & Khan, N.A. (2023) Appraisal of functions and role of selenium in heavy metal stress adaptation in plants. *Agriculture*, 13, 1083. <https://doi.org/10.3390/agriculture13051083>
- Chitraprabha, K., & Sathyavathi, S. (2018). Phytoextraction of chromium from electroplating effluent by *Tagetes erecta* (L.). *Sustainable Environment Research*, 128(3), 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.serj.2018.01.002>
- Coelho, L.C., Bastos, A.R.B., Pinho, P.J., Souza, G.A., Carvalho, J.G., Coelho, V.A.T., Oliveira, L.C.A., Domingues, R.R., & Faquin, V. (2017). Marigold (*Tagetes erecta*): the potential value in phytoremediation of chromium. *Pedosphere*, 27(3), 559-568. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60351-5](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60351-5)
- Feng, R., Wei, C., & Tu, S. (2013). The roles of selenium in protecting plants against abiotic stresses. *Environmental and Experimental Botany*, 87, 58–68. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2012.09.002>
- Feng, R.W., Liao, G.J., Guo, J.K., Wang, R.G., Xu, Y.M., Ding, Y.Z., Mo, L.Y., Fan, Z.L., & Li, N.Y. (2016). Responses of root growth and antioxidative systems of paddy rice exposed to antimony and selenium. *Environmental and Experimental Botany*, 122, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2015.08.007>
- Gao, M., Zhou, J., Liu, H., Zhang, W., Hu, Y., Liang, J., & Zhou, J. (2018). Foliar spraying with silicon and selenium reduces cadmium uptake and mitigates cadmium toxicity in rice. *Science of The Total Environment*, 631, 1100–1108. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.047>
- Guo, X., Ji, Q., Rizwan, M., Li, H., & Chen, G. (2020). Effects of biochar and foliar application of selenium on the uptake and subcellular distribution of chromium in *Ipomoea aquatica* in chromium-polluted soils. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 206 (1), 111184. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111184>
- Handa, N., Kohli, S.K., Thukral, A.K., Bhardwaj, R., Alyemini, M.N., Wijaya, L., & Ahmad, P. (2018). Protective role of selenium against chromium stress involving metabolites and essential elements in *Brassica juncea* L. seedlings. *3 Biotech*, 8(1), 66. <http://dx.doi.org/10.1007/s13205-018-1087-4>
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., García-Caparrós, P., Parvin, K., Zulfiqar, F., Ahmed, N., & Fujita, M. (2022). Selenium supplementation and crop plant tolerance to metal/metalloid toxicity. *Frontiers in Plant Science*, 12, 792770. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.792770>
- Huang, H., Li, M., Rizwan, M., Dai, Z., & Tu, S. (2020). Synergistic effect of silicon and selenium on the alleviation of cadmium toxicity in rice plants. *Journal of Hazardous Materials*, 401, 123393. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.123393>
- Ismael, M.A., Elyamine, A.M., Moussa, M.G., Cai, M., Zhao, X., & Hu, C. (2019). Cadmium in plants: uptake, toxicity, and its interactions with selenium fertilizers. *Metallomics*, 11(2), 255–277. <https://doi.org/10.1039/c8mt00247a>
- Malik, J.A., Goel, S., Kaur, N., Sharma, S., Singh, I., & Nayyar, H. (2012). Selenium antagonises the toxic effects of arsenic on mungbean (*Phaseolus aureus* Roxb.) plants by restricting its uptake and enhancing the antioxidative and detoxification mechanisms. *Environmental and Experimental Botany*, 77, 42–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.12.001>
- Pandey, C., & Gupta, M. (2018). Selenium amelioration of arsenic toxicity in rice shows genotypic variation: A transcriptomic and biochemical analysis. *Journal of Plant Physiology*, 231, 168–181. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2018.09.013>
- Pezzarossa, B., Remorini, D., Gentile, M.L., & Massai, R. (2012). Effects of foliar and fruit addition of sodium selenate on selenium accumulation and fruit quality. *Journal of the*

- Science of Food and Agriculture*, 92, 781-786. <https://doi.org/10.1002/jsfa.4644>
- Pukacka, S., Ratajczak, E., & Kalemba, E. (2011). The protective role of selenium in recalcitrant *Acer saccharium* L. seeds subjected to desiccation. *Journal of Plant Physiology*, 168 (3), 220–225. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jplph.2010.07.021>
- Pilon-Smits, E.A.H., & Quinn, C. (2010). Selenium metabolism in plants. *Plant Cell Monographs*, 17, 225-241. [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-10613-2\\_10](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-10613-2_10). In book *Cell biology of metals and nutrients*, pp. 225-241
- Saleem, M.H., Afzal, J., Rizwan, M., Shah, Z., Depar, N., & Usman, K. (2022). Chromium toxicity in plants: consequences on growth, chromosomal behavior and mineral nutrient status. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46(3), 371-389. <http://dx.doi.org/10.3906/tar-2201-61>
- Shekari, L., Aroiee, H., Mirshekari, A., & Nemati, H. (2019). Protective role of selenium on cucumber (*Cucumis sativus* L.) exposed to cadmium and lead stress during reproductive stage role of selenium on heavy metals stress. *Journal of Plant Nutrition*, 42(5), 529–542. <https://doi.org/10.1080/01904167.2018.1554075>
- Singh, H.P., Mahajan, P., Kaur, S., Batish, D.R., & Kohli, R.K. (2013). Chromium toxicity and tolerance in plants. *Environmental Chemistry Letters*, 11, 229-254. <https://doi.org/10.1007/s10311-013-0407-5>
- Sun, J., Luo, Y., Ye, J.; Li, C., & Shi, J. (2022). Chromium distribution, leachability and speciation in a chrome plating site. *Processes*, 10, 142. <https://doi.org/10.3390/pr1001014>
- Srivastava, D., Tiwari, M., Dutta, P., Singh, P., Chawda, K., Kumari, M., & Chakrabarty, D. (2021). Chromium stress in plants: toxicity, tolerance and phytoremediation. *Sustainability*, 13, 4629. <https://doi.org/10.3390/su13094629>
- Tavakoli, S., Enteshari, S., & Yousefifard, M. (2020). The effect of selenium on physiologic and morphologic properties of *Melissa officinalis* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 10 (2), 3125–3134. <https://doi.org/10.30495/IJPP.2020.672572>
- Tiwari, K., Singh, N., & Rai, U. (2013). Chromium phytotoxicity in radish (*Raphanus sativus*): effects on metabolism and nutrient uptake. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 91, 339-344. <http://dx.doi.org/10.1007/s00128-013-1047-y>
- Tran, T.A.T, Zhou, F., Yang, W., Wang, M., Dinh, Q.T., Wang, D., & Liang, D. (2018). Detoxification of mercury in soil by selenite and related mechanisms. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 159(15), 77–84. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.04.029>
- Ulhassan, Z., Gill, R.A., Huang, H., Ali, S., Mwamba, T.M., Ali, B., Huang, Q., Hamid, Y., Khan, A.R., Wang, J., & Zhou, W. (2019). Selenium mitigates the chromium toxicity in *Brassica napus* L. by ameliorating nutrients uptake, amino acids metabolism and antioxidant defense system. *Plant Physiology and Biochemistry*, 145, 142-152. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2019.10.035>
- Wu, Z., Yin, X., Bañuelos, G.S., Lin, Z.Q., Liu, Y., Li, M., & Yuan, L. (2016). Indications of selenium protection against cadmium and lead toxicity in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Frontiers in Plant Science*, 7(1875), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01875>
- Younoussa, A., Wan, Y., Yu, Y., Wang, Q., & Li, H. (2018). Effect of selenium on uptake and translocation of arsenic in rice seedlings (*Oryza sativa* L.). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 148, 869–875. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.11.064>
- Yuan, J., Hu, M., & Zhou, Z. (2013). Selenium treatment mitigates the effect of lead exposure in *Coleus blumei* Benth. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 3: 191. <https://doi.org/10.4172/2161-0525.1000191>
- Zaheer, I.E., Ali, S., Saleem, M.H., Ashraf, M.A., Ali, Q., Abbas, Z., Rizwan, M., El-Sheikh, M.A., Alyemeni, M.N., & Wijaya, L. (2020). Zinc-lysine supplementation mitigates oxidative stress in rapeseed (*Brassica napus* L.) by preventing phytotoxicity of chromium, when irrigated with tannery wastewater. *Plants* 9(9), 1145. <https://doi.org/10.3390/plants9091145>