مجلة پژوهشي دانشگاه اصفهان (علوم پايه)
جلد بيست و هشتم ـ شماره ۲ ـ سال ۱۳۸٦
صص٤٢-۳۱

اثر نيكل و كروم بر جوانه زني و رشد در جمعيت هاي سرپنتين و غير سرپنتين Alyssum bracteatum و Alyssum simplex

سيد مجيد قادريان و احمد مهتدي
گروه زيست شناسي دانشگاه اصفهان

چكيده

فلزات سنگين از مهمترين تركيبات آلوده كننده محيط زيست محسوب مي‌شوند. برخي از خاك‌ها بطور طبيعي يا در اثر فعاليت هاي انساني به مقادير بالايي از فلزات سنگين آلوده اند. خاك هاي سرپنتين بطور طبيعي حاوي ميزان بالايي از برخي فلزات سنگين نظير نيكل و كروم هستند. برخي از گياهان توانايي رشد بر روي اين خاك‌ها را داشته و حتي مي‌توانند مقادير قابل ملاحظه اي از فلزات سنگين را جذب و در بافت هاي هوايي خود تجمع دهند.

در اين تحقيق اثر غلظت هاي مختلف نيكل و كروم برجوانه زني و رشد دو جمعيت سرپنتين و غير سرپنتين گونه Alyssum bracteatum (جمعيت سرپنتين و غيرسرپنتين) و همچنين گونه A. simplex (جمعيت سرپنتين) مورد آزمايش قرار گرفت. با افزايش غلظت نيكل و كروم ميزان جوانه زني و شاخص تحمل در تمامي گياهان كاهش يافت ولي اين كاهش در جمعيت غيرسرپنتين بطور معني داري بيشتر از جمعيت سرپنتين بود ($P<0.01$). بطور كلي بذرهاي گياهان Alyssum سرپنتين مقاومت بيشتري نسبت به فلزات سنگين نيكل و كروم در مقايسه با گياهان مشابه غير سرپنتين نشان مي‌دادند.

واژه هاي كليدي: جوانه زني، نيكل، كروم، شاخص تحمل، Alyssum bracteatum، Alyssum simplex

The Effect of Chromium and Nickel on Germination and Growth in Serpentine and Non-serpentine Populations of Alyssum Bracteatum and Alyssum Simplex

S. M. Ghaderian and A. Mohtai
Department of Biology, University of Isfahan

Abstract

Heavy metals are environmentally among important toxic pollutants. Some soils may become contaminated with high concentrations of heavy metals either naturally or anthropologically. Serpentine soils naturally contain high concentrations of heavy metals such as nickel and chromium. Some plants are able to grow on these soils, a number of them can take up and accumulate heavy metals in their above ground parts. In this study, effects of different concentrations of Ni and Cr on seed germination and growth of two populations of A. bracteatum (serpentine and non-serpentine) and A. simplex (serpentine) were tested. Results showed that seed germination and tolerance indices of plants decreased with the increase in concentration in Ni and Cr. The toxic effects of these metals were more in non-serpentine population than in serpentine population ($P<0.01$). Generally non-serpentine population was significantly more sensitive to Ni and Cr concentrations than serpentine population.

Keywords: germination, nickel, chromium, tolerance index, A. bracteatum Boiss. & Buhse, A. simplex Rudolph**i**.

مقدمه

برخي از خاک‌ها در اثر فعاليت هاي صنعتي انسان نظير معدن كاوي و استحصال فلزات و يا در اثر فرايندهاي طبيعي بر روي سنگ مادري، حاوي مقادير بالايي از فلزات سنگين مي‌باشند. فلزات سنگين در مقادير زياد اثرات نامطلوب و سمي بر روي موجودات زنده از جمله گياهان دارند. با وجود آنكه بيشتر گياهان نسبت به مقادير زياد فلزات سنگين موجود در خاک حساس بوده و نمي توانند به رشد خود ادامه دهند، تعدادي از گياهان با داشتن مكانيسم هاي مقاومت، به رشد و نمو خود در اين شرايط ادامه مي‌دهند (۲). گياهان مقاوم با دو روش متفاوت اجتناب از جذب فلزات يا جذب و تجمع فلزات در بافت هاي هوايي خود در اين خاک‌ها رشد مي‌كنند (۳). در حاليكه بيشتر گياهان مقاوم از مكانيسم اجتناب بهره مي‌برند، تعداد كمتري از گياهان با تجمع زياد فلزات، بخصوص در برگ هاي خود به خوبي در شرايط نامساعد خاک هاي فلزدار رشد مي‌نمايند. در خاک هاي آلوده به فلزات سنگين در مناطق معتدله، بيشتر گياهان دسته اخير متعلق به خانواده شب بو هستند (۴).

خاک هاي سرپنتين بطور طبيعي حاوي مقادير نسبتاً زياد برخي از فلزات نظير نيكل، كروم، كبالت، منگنز، آهن و منيزيم هستند. اين خاک‌ها داراي نسبت كلسيم به منيزيم پايين بوده و عمدتاً فقير از مواد غذايي ضروري نظير نيتروژن، فسفات و پتاسيم هستند (۱۰). همچنين اين خاک‌ها به دليل بافت شني وعمق كم، عمدتاً خشک مي‌باشند. مجموعه اين شرايط باعث گرديده تا خاک هاي سرپنتين به عنوان خاک هاي فلزدار و تنش زا محسوب گردند (۱۳). صخره‌ها و خاک هاي سرپنتين با مساحت هاي كم در نقاط مختلف دنيا از جمله برخي نقاط ايران گسترده شده اند (۵). در نقاط مختلف جهان بر روي اين خاک‌ها گستره اي از گياهان عمدتاً مقاوم به اين شرايط نامساعد يافت مي‌گردند كه تعدادي از آنها بومي اين خاک‌ها مي‌باشند (۴). همچنين تعدادي از گياهان سرپنتين توانايي جذب بسيار زياد نيكل را تا بيش از ۱۰۰۰ µg/g وزن خشک برگ دارا مي‌باشند (۱۴ و ۱۶).

بر اساس مطالعات برخي از محققين، تعدادي از گونه‌ها و جمعيت هاي گياهي موجود در خاک هاي حاوي فلزات، داراي مقاومت در مقايسه با گونه‌ها و جمعيت هاي مشابه موجود بر خاک هاي غير فلزي مي‌باشند. در اين حال مقاومت تعداد ديگري از گونه‌ها و جمعيت‌ها در شرايط خاک هاي فلزي و غير فلزي يكسان مي‌باشد (۱۲ و ۱۵).

با توجه به وجود مناطق وسيعي از خاک هاي سرپنتين

در ايران از جمله در غرب و شمال غرب، شمال شرق، مرکز و جنوب کشور (با وسعتي حدود ۲% مساحت کشور) ، مطالعات اندکي بر روي گياهان موجود در اين مناطق صورت گرفته است. تحقيق حاضر به بررسي ميزان جوانه زني و رشد جمعيت سرپنتين و غير سرپنتين گونه Alyssum bracteatum و همچنين گونه سرپنتين A. simplex تحت غلظت هاي مختلف نيکل و کروم در شرايط آزمايشگاهي و مقايسه مقدار مقاومت آنها به اين عناصر مي‌پردازد.

مواد و روشها

بذر گياهان A. bracteatum از جمعيت هاي سرپنتين غرب کشور (استان کرمانشاه) و غير سرپنتين سميرم (استان اصفهان) و همچنين گونه سرپنتين A. simplex از نقاط سرپنتين غرب کشور جمع آوري گرديد. همچنين مقداري خاک اطراف ريشه گياهان جهت آناليز عناصر از مناطق مذکور جمع آوري گرديد.

براي آناليز خاک، ابتدا نمونه در هاون چيني ساييده شد. سپس ۲۵۰ mg از آن در لوله آزمايش ريخته شده و به آن ۱۰ ml اسيد کلريدريک و اسيد نيتريک غليظ اضافه گرديد. پس از گذشت ۱۲ ساعت نمونه‌ها در دماي ۱۰۰ ºC به مدت يک ساعت قرار گرفتند. محلول حاصله از کاغذ صافي (Whatman No. 40) عبور داده شد و توسط آب مقطر به حجم ۵۰ ml رسيد و توسط دستگاه جذب اتمي (Philips model PU 9100) براي عناصر نيکل، کروم، منگنز، آهن، منيزيم و کلسيم مورد آناليز قرار گرفت.

براي بررسي اثر غلظت هاي مختلف نيکل و کروم بر جوانه زني، بذرهاي جمع آوري شده با محلول هيپوکلريت سديم با ۵% کلر فعال به مدت ۱۰ دقيقه ضدعفوني شدند. تعداد ۵۰ عدد بذر از هر جمعيت/گونه بر روي کاغذ صافي در پتري ديش cm ۹ قرار داده شد. ۵ ميلي ليتر محلول حاوي غلظت هاي ۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰، ۷۵۰ و ۱۰۰۰ µg/ml نيکل و يا کروم به هر پتري ديش اضافه گرديد. هر غلظت در ۴ تکرار مورد بررسي قرار گرفت. پتري ديش‌ها در اتاق کشت تحت شرايط ۱۶ ساعت نور، ۸ ساعت تاريکي و دماي ۲۵ ºC در نور و ۲۰ ºC در تاريکي با شرايط رطوبت نزديک به اشباع قرار د اده شدند. درصد جوانه زني و سرعت جوانه زني بر اساس روش Maguire (۱۱) هر دو روز يک بار به مدت ۱۴ روز شمارش و محاسبه گرديد.

براي اندازه گيري مقاومت گياهچه هاي حاصل نسبت به نيکل و کروم شاخص تحمل ريشه (RTI) بر اساس رابطه زير محاسبه گرديد (۱۷).

$$\text{درصد شاخص تحمل ريشه (RTI \%)} = \frac{\text{ميانگين طول ريشه گياهچه تيمارشده با نيکل يا کروم}}{\text{ميانگين طول ريشه گياهچه بدون تيمار نيکل يا کروم}} \times ۱۰۰$$

نتايج حاصل با استفاده از تست ANOVA (طرح بلوک هاي کاملاً تصادفي) و آزمون دانکن با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزيه و تحليل آماري قرار گرفت ($P<0.01$).

نتايج

مقدار عناصر فلزي در دو نوع خاک سرپنتين و غير سرپنتين در جدول (۱) نشان داده شده است. بر اساس اين نتايج، غلظت عناصر نيکل، کروم، منگنز، آهن و منيزيم در خاک سر پنتين در مقايسه با خاک غير سرپنتين بالا مي‌باشد. حداکثر مقدار نيکل و کروم در خاک سرپنتين بترتيب ۱۲۳۵ و ۳۶۵ µg/g مي‌باشد در حاليکه اين مقادير در خاک غير سرپنتين به ترتيب برابر با ۹۵ و ۳۶ µg/g مي‌باشد. همچنين در خاک هاي سرپنتين نسبت کلسيم به منيزيم بسيار پايين و در محدوده ۰/۰۸-۰/۰۲ است. بر

جدول١- حداقل و حداكثر مقدار عناصر فلزي (µg /g dry wt) در دو نوع خاک سرپنتين و غير سرپنتين

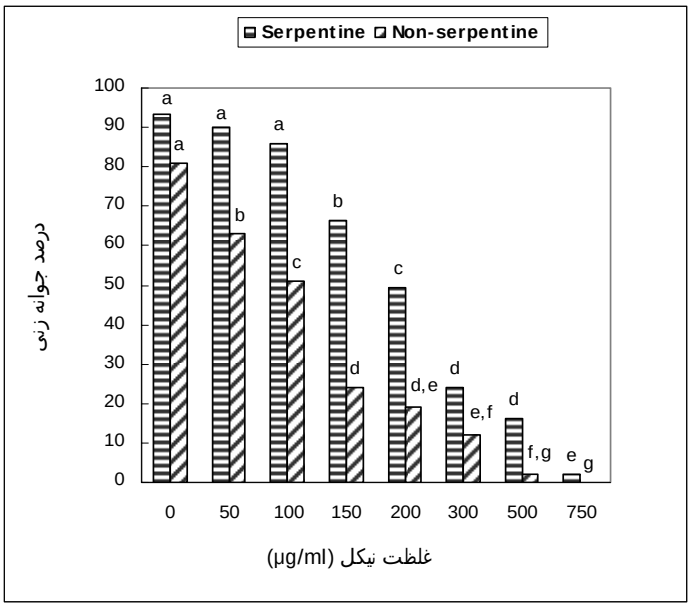
نوع خاک	Ni	Cr	Mn	Fe	Mg	Ca	Ca/Mg
خاک سرپنتين	٧٥٠-١٢٣٥	١٢٢-٣٦٥	٦٢٠-٨٥٠	٣٧٧٣٠-٥١١٥٠	١٥٢٣٩٠-٦١٤٠٠	١٤٠٥-١١٧٩٠	٠/٠٢-٠/٠٨
خاک غير سرپنتين	٥٠-٩٥	١٥-٣٦	٣٢٠-٥٢٠	١٤٢٢٠-١٧٤١٠	٥٧٢٥-٧٣٦٠	٥١٨٢٠-٨٥١٢٥	٩/١-١١/٥

عكس در خاک غير سرپنتين ميزان كلسيم بالا بوده و نسبت كلسيم به منيزيم بسيار بالا و در محدوده ٩/١-١١/٥ مي‌باشد.

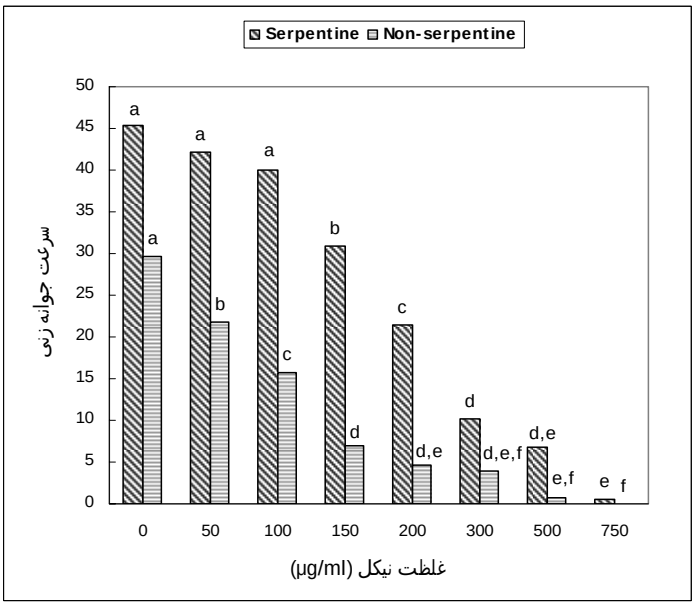
اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر درصد و سرعت جوانه زني بذرهاي دو جمعيت سرپنتين و غير سرپنتين گونهA. bracteatum درشكل هاي (١) و (٢) نشان داده شده است. براساس اين نتايج، غلظت هاي ٥٠ و ١٠٠ µg/ml نيكل اثر معني داري بر درصد و سرعت جوانه زني بذرهاي جمعيت سرپنتين ندارند، درحاليكه غلظت هاي بيش از ١٠٠ µg/ml بطور معني داري باعث كاهش درصد وسرعت جوانه زني شده است (P<0.01).

در جمعيت غير سرپنتين سميرم از نظر درصد و سرعت جوانه زني تفاوت معني داري بين غلظت هاي مختلف نيكل وجود دارد . با افزايش غلظت نيكل درصد و سرعت جوانه زني در هر دو جمعيت كاهش يافته است. اين كاهش در جمعيت غير سرپنتين سميرم بسيار بيشتر مي‌باشد، بطوري كه در غلظت ١٥٠ µg/ml نيكل درصد جوانه زني در جمعيت سرپنتين ٦٦/٥% ولي در جمعيت غير سرپنتين ٢٤% مي‌باشد. در تمامي غلظت هاي نيكل، درصد و سرعت جوانه زني در بذرهاي جمعيت سرپنتين بطور معني داري بيشتر از جمعيت غير سرپنتين مي‌باشد (P<0.01). غلظت هاي ٥٠٠ و ٧٥٠ µg/ml نيكل به ترتيب باعث عدم جوانه زني در جمعيت هاي سرپنتين و غير سرپنتين شده است. بنابراين افزايش غلظت نيكل نه تنها درصد جوانه زني بذرها را كاهش مي‌دهد، بلكه باعث مي‌شود بذرها در مدت زمان طولاني تري جوانه بزنند و اين اثر در جمعيت غير سرپنتين محسوس تر است (شكل هاي ١و٢).

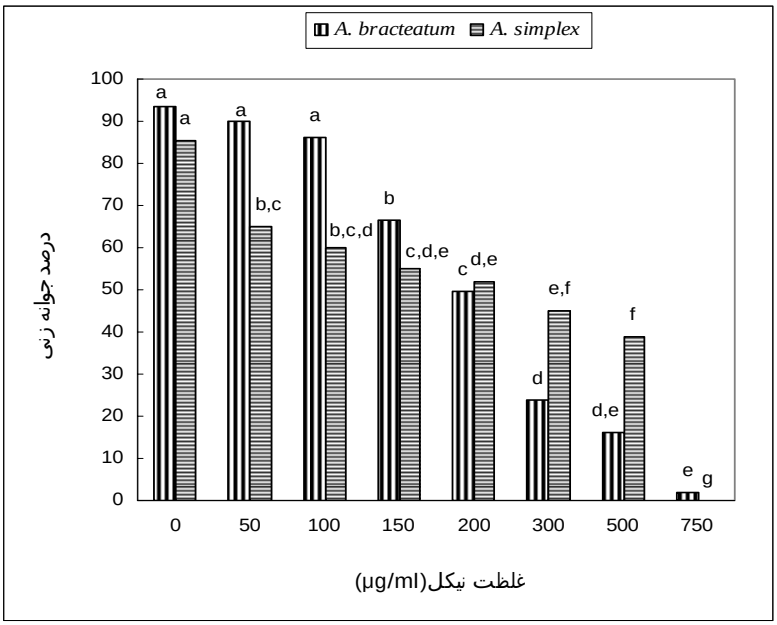
شكل هاي (٣) و (۴) اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر درصد و سرعت جوانه زني بذرهاي دو گونه سرپنتين A. bracteatum و A. simplex را نشان مي‌دهد. غلظت هاي بيشتر از ١٠٠ µg/ml نيكل بطور معني داري باعث كاهش درصد و سرعت جوانه زني بذرهاي گونه A. bracteatumشده است (P<0.01). در غلظت هاي ٢٠٠، ٣٠٠ و ٥٠٠ µg/ml نيكل درصد جوانه زني و در غلظت هاي ٣٠٠ و ٥٠٠ µg/ml نيكل سرعت جوانه زني گونه A. simplex بيشتر از گونه A. bracteatum مي‌باشد. بطور كلي بين اين دوگونه از نظر درصد جوانه زني اختلاف معني داري وجود ندارد ولي از نظر سرعت جوانه زني اختلاف معني داري مشاهده مي‌شود (P<0.01). غلظت ٧٥٠ µg/ml نيكل باعث عدم جوانه زني در هر دو گونه شده است.



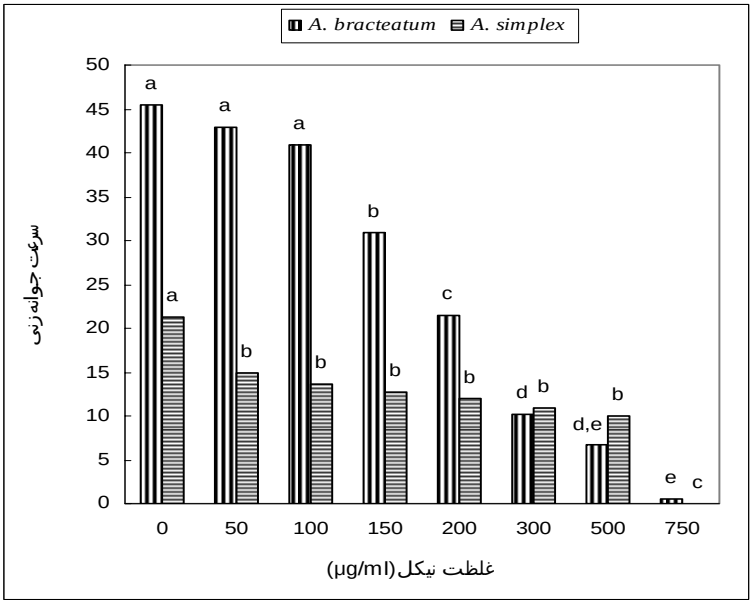
شكل ۱- اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر درصد جوانه زني بذرهاي دو جمعيت گونه **Alyssum bracteatum** (جمعيت سرپنتين و جمعيت غير سرپنتين). حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



شكل ۲- اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر سرعت جوانه زني بذرهاي دو جمعيت گونه **A. bracteatum** (جمعيت سرپنتين و جمعيت غير سرپنتين). حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



شكل ٣- اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر درصد جوانه زني بذرهاي دو گونه سرپنتين **A. bracteatum** و **A. simplex** . حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



شكل ۴- اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر سرعت جوانه زني بذرهاي دو گونه سرپنتين **A. bracteatum** و **A. simplex**. حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).

شكل هاي (۵) و (۶) اثر غلظت هاي مختلف كروم را بر درصد و سرعت جوانه زني در دو جمعيت گونه A. bracteatum نشان مي‌دهد. با افزايش غلظت كروم درصد و سرعت جوانه زني در هر دو جمعيت كاهش يافته است. اين كاهش در جمعيت غير سرپنتين بسيار بيشتر مي‌باشد، بطوري كه در غلظت ۱۰۰ µg/ml كروم درصد جوانه زني در جمعيت سرپنتين ۴۹% ولي در جمعيت غير سرپنتين ۱۲% مي‌باشد. در تمامي غلظت هاي كروم درصد و سرعت جوانه زني در بذرهاي جمعيت سرپنتين بطور معني داري بيشتر از جمعيت غير سرپنتين است ($P<0.01$).

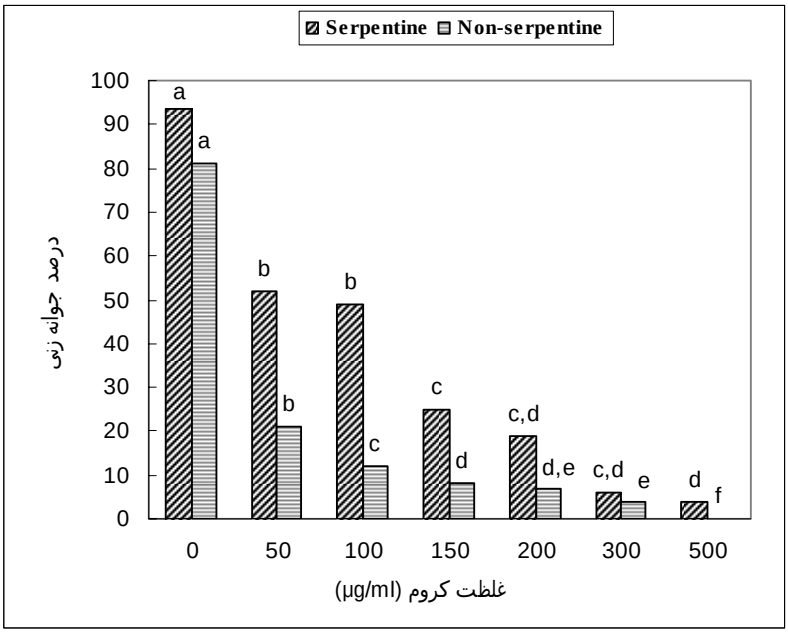
شكل (۷) و (۸) اثر غلظت هاي مختلف كروم را بر درصد و سرعت جوانه زني دو گونه سرپنتين A. bracteatum و A. simplex نشان مي‌دهد. در هر دو گونه با افزايش غلظت كروم درصد و سرعت جوانه زني كاهش مي‌يابد و بذرها در مدت زمان طولاني تري جوانه مي‌زنند ولي اختلاف معني داري بين دو گونه از نظر درصد و سرعت جوانه زني وجود ندارد ($P<0.01$). غلظت هاي ۴۰۰ و ۵۰۰ µg/ml كروم باعث عدم جوانه زني بترتيب در گونه A. simplex و A. bracteatum شده است.

شكل (۹) اثر غلظت هاي مختلف نيكل را بر شاخص تحمل ريشه در گياهچه هاي A. bracteatum (جمعيت هاي سرپنتين و غير سرپنتين) و گونه A. simplex (جمعيت سرپنتين) نشان مي‌دهد. در تمامي موارد با افزايش غلظت نيكل، كاهش قابل ملاحظه اي در شاخص تحمل مشاهده مي‌گردد. گياهچه هاي A. simplex بجز در غلظت ۵۰ µg/ml نيكل، بيشترين شاخص تحمل را نسبت به دو جمعيت گونه A. bracteatum نشان مي‌دهند. در گونه A. bracteatum نيز گياهچه هاي جمعيت سرپنتين شاخص تحمل ريشه بيشتري را نسبت به جمعيت غير سرپنتين بجز در غلظت ۵۰ µg/ml نيكل نشان مي‌دهد.

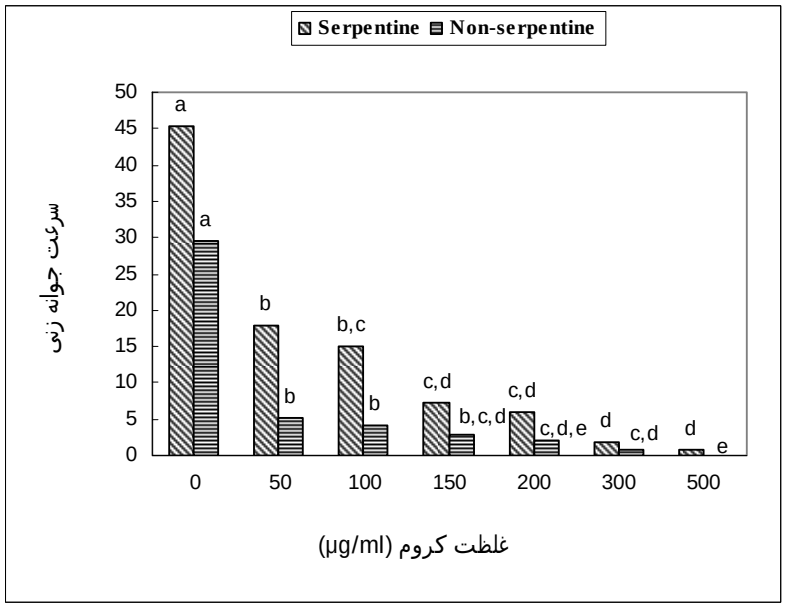
اثر غلظت هاي مختلف كروم بر شاخص تحمل ريشه در گياهچه هاي A. bracteatum (جمعيت هاي سرپنتين و غير سرپنتين) و گونه A. simplex (جمعيت سرپنتين) در شكل (۱۰) نشان داده شده است. بر اساس اين نتايج، با افزايش غلظت كروم شاخص تحمل ريشه در همه موارد كاهش يافته است. گياهچه هاي A. simplex بيشترين شاخص تحمل را در غلظت هاي مختلف كروم نشان مي‌دهند. در گونه A. bracteatum گياهچه هاي جمعيت سرپنتين از نظر شاخص تحمل تفاوت معني داري را نسبت به جمعيت غير سرپنتين نشان نمي دهد.

بحث

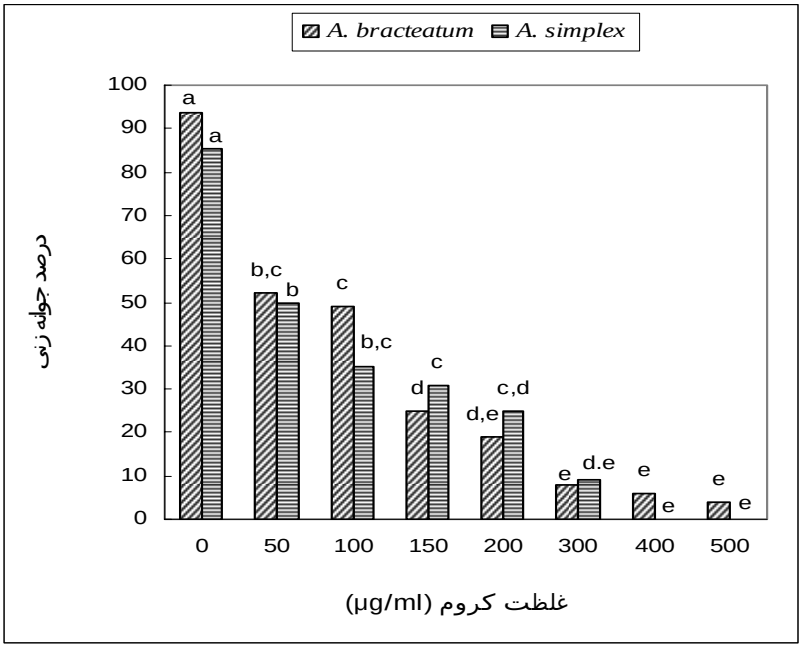
در بخشي از اين تحقيق خاک هاي سرپنتين در غرب كشور و غير سرپنتين در سميرم از نظر مقدار عناصر مورد آناليز قرار گرفت. همانند ديگر خاک هاي سرپنتين در ساير نقاط دنيا بخصوص نواحي معتدله، مقدار كل نيكل، كروم، منگنز و آهن در خاک هاي سرپنتين غرب كشور بالا مي‌باشد. همچنين در اين خاک‌ها نسبت كلسيم به منيزيم بسيار پايين است كه شاخص خاک هاي سرپنتين مي‌باشد (۵). براساس نتايج ساير محققان بالا بودن مقدار نيكل در خاک و همچنين كم بودن نسبت كلسيم به منيزيم عوامل تنش زا براي گياهان بوده و باعث كاهش حاصلخيزي خاک هاي سرپنتين مي‌گردد (۱، ۶ و ۷). گياهان موجود بر خاک هاي سرپنتين عمدتاً توانايي سازش با اين شرايط تنش زا را پيدا كرده اند. در خاک غير سرپنتين مورد بررسي، مقدار تمامي فلزات بجز كلسيم بسيار كمتر از خاک هاي سرپنتين مي‌باشد كه شرايط



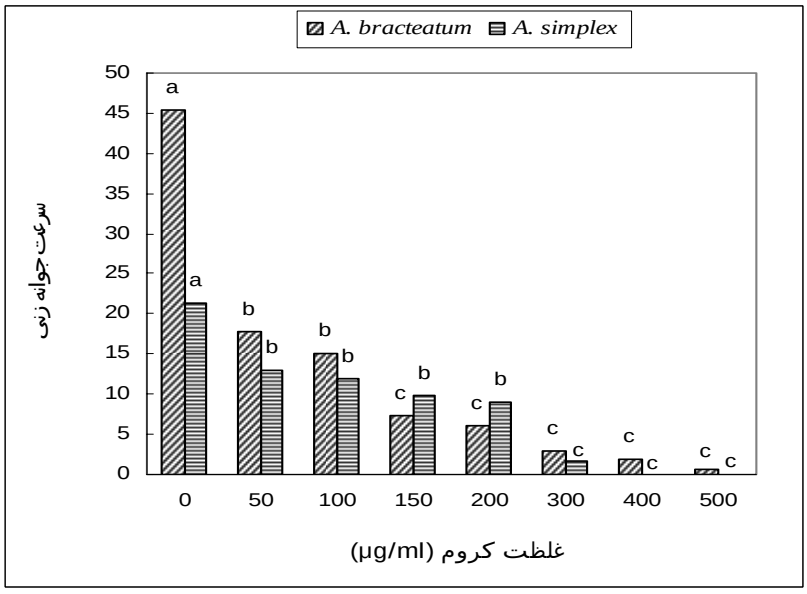
شكل ۵- اثر غلظت هاي مختلف كروم بر درصد جوانه زني بذرهاي دو جمعيت گونه **A. bracteatum** (جمعيت سرپنتين و جمعيت غير سرپنتين). حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



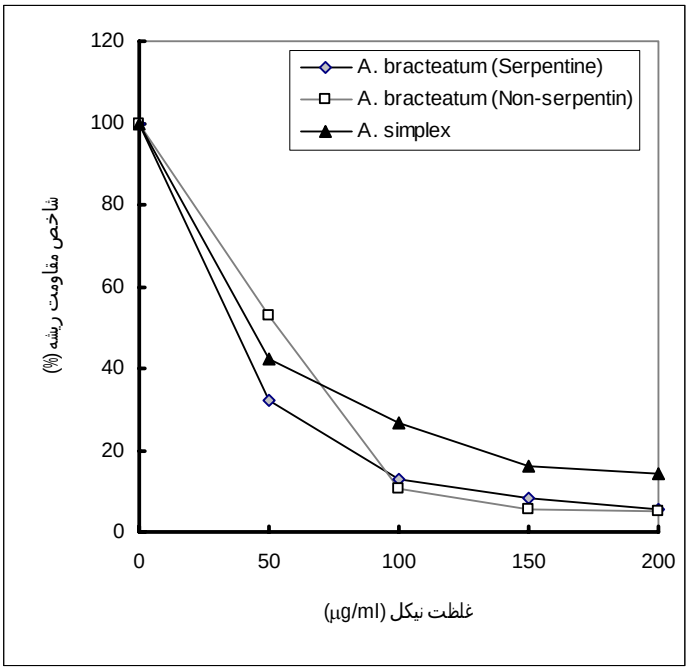
شكل ۶- اثر غلظت هاي مختلف كروم بر سرعت جوانه زني بذرهاي دو جمعيت گونه **A. bracteatum** (جمعيت سرپنتين و جمعيت غير سرپنتين). حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



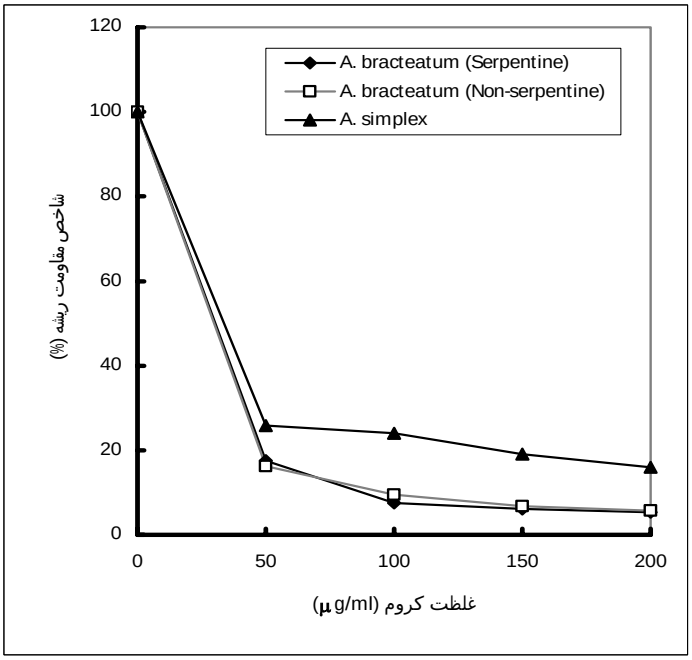
شکل ۷- اثر غلظت هاي مختلف کروم بر درصد جوانه زني بذرهاي دو گونه سرپنتين **A. bracteatum** و **A. simplex** . حروف غير مشترک نشانگر تفاوت معني دار مي‌باشند (**P<0.01**).



شکل۸- اثر غلظت هاي مختلف کروم بر سرعت جوانه زني بذرهاي دو گونه سرپنتين **A. bracteatum** و **A. simplex** . (**P<0.01**).



شکل ۹- اثر غلظت هاي مختلف نيكل بر شاخص تحمل گياهچه هاي **A. bracteatum** (جمعيت سرپنتين و غير سرپنتين) و گونه **A. simplex** (جمعيت سرپنتين).



شکل ۱۰- اثر غلظت هاي مختلف كروم بر شاخص تحمل گياهچه هاي **A. bracteatum** (جمعيت سرپنتين و غير سرپنتين) و گونه **A. simplex** (جمعيت سرپنتين).

مناسب تري را براي رشد گياهان فراهم مي‌كند.

نتايج حاصل از اثر نيكل و كروم بـر جوانـه زنـي و شاخص تحمل بذرهاي گياهان Alyssum جمع آوري شده از خاک هاي سرپنتين نسبت به بـذر هـاي جمعيـت غيـر سرپنتين نشان داد كه جوانه زني و شاخص تحمل گياهـان سرپنتين در حضور نيكـل و كـروم بيـشتر از گياهـان غيـر سرپنتين مي‌باشد. Rout و همكارانش در سال ٢٠٠٠ نتـايج مشابهي را از اثر نيكل و كروم بر روي جوانه زني و رشـد دو جمعيت مقـاوم و غيـر مقـاوم Echinochloa colona L. بدست آوردند (١٧). بر اين اساس، بـذرهاي جمـع آوري شده از خاک هاي غير آلوده بـه فلـز درصـد جوانـه زنـي كمتري را در حضور تيمارهاي اين فلزات نشان دادند.

افزايش غلظت نيكل و كروم باعـث كـاهش جوانـه زنـي بـذر در جمعيـت هـاي فلـز دوسـت (سـرپنتين) و غير فلز دوست (غير سرپنتين) A. bracteatum گرديـد كـه احتمـالاً ناشـي از عملكـرد سـمي ايـن فلـزات بـر روي متابوليـسم سـلولي مـي‌باشـد. براسـاس نتـايج حاصـل از آزمايشات ساير محققان مشخص شده كه افزايش غلظـت نيكـل باعـث ممانعـت از سـنتز DNA، RNA، پـروتئين و كاهش جوانه زني بذر و رشد گياهچه‌ها مي‌شود(٨ و ١٢).

بطور كلي در غلظت هـاي مختلـف نيكـل و كـروم كاهش جوانـه زنـي و شـاخص تحمـل در جمعيـت غيـر سرپنتين بطور معني داري بـيش تـر از جمعيـت سـرپنتين بود. بر اين اسـاس، مـي‌تـوان نتيجـه گرفـت كـه در گيـاه A. bracteatum مقاومت به فلزات سنگين از ويژگـي هـاي ذاتي آن نبوده بلكه نوعي انتخـاب طبيعـي بـراي گـزينش ژنوتيپ هاي مقاوم به فلزات در جمعيت سرپنتين اين گياه صورت گرفته است. جوانه زني و شاخص تحمل در گيـاه يكـساله A. simplex (جمعيـت سـرپنتين) داراي مقاومـت نسبتاً بالايي نسبت به نيكل و كروم بود. اين حالـت نـشان مي‌دهد كه توانايي رويش بـر روي خـاک هـاي سـرپنتين نوعي مقاومت را در اين گياهان ايجاد كرده است. جمعيت هاي سرپنتين A. bracteatum قادر به جذب و تجمع بالاي نيكل در برگ هاي خود بوده در حاليكه جمعيت سرپنتين A. simplex از مكانيسم عـدم جـذب و اجتنـاب از نيكـل تبعيت مي‌كنـد (٩). درآزمايـشات بعـدي، شـاخص هـاي مقاومت اين گياهـان نـسبت بـه نيكـل و كـروم در سـاير مراحل رشد و نمو بايـستي مـورد بررسـي بيـشتري قـرار گيرد.

تشكر و قدر داني

شناسايي گونه هاي Alyssum توسط دكتر محمد رضـا رحيمي نژاد انجام گرديد كه از ايشان قدرداني مـي‌گـردد. اين پروژه تحت حمايت مالي مديريت تحصيلات تكميلي دانشگاه اصفهان انجام گرفته است.

منابع

1- M., Abou Auda, L., Symeonidis, and D., Babalonas, Mineral composition and seed germination of Alyssum murale populations under Ni and Mn stress. Journal of Biological Research. 2, 75-83; (2004).

2- J., Antonovics, A. D., Bradshaw, and R. G., Turner, Heavy metal tolerance in plants. Advances In Ecological Research. 7, 1-85; (1971).

3- A. J. M., Baker, Accumulators and excluders - strategies in the response of plants to heavy

4- A. J. M., Baker, and Brooks, R. R. Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements – A review of their distribution, ecology and phytochemistry. Biorecovery. 1, 81-126; (1989).

5- R. R., Brooks, Serpentine and its vegetation. Dioscorides Press, Portland; (1987).

6- A., Chiarucci, S., Maccherini, I., Bonini, and V., De Dominics, Effects of nutrient addition on species diversity and ground cover of serpentine vegetation. Plant Biosystems. 132, 143-150; (1998).

7- A., Chiarucci, S., Maccherini, I., Bonini, and V., De Dominics, Effects of nutrient addition on productivity and structure of serpentine vegetation. Plant Biology. 1, 121-126; (1999).

8- L., Espen, L., Pirovano, and S. M., Cocucci, Effects of Ni^{2+} during the early phases of radish (Raphanus sativus) seed germination. Environmental and Experimental Botany. 38, 187-197; (1997).

9- S. M., Ghaderian, A., Mohtadi, M. R., Rhiminajad, and A. J. M., Baker, Nickel and other metal uptake and accumulation by species of Alyssum (Brassicaceae) from the ultramafics of Iran. Environmental Pollution. 145, 293-298; (2007).

10- M., Konstantinou, and D., Babalonas, Metal uptake by Caryophyllaceae species from metalliferous soils in northern Greece. Plant Systematics and Evolution. 203, 1-10; (1996).

11- J. D., Maguire, Speed of germination-aid in selection and evalution for seedling emergence and vigor. Crop Science. 2, 176-177; (1962).

12- B. K., Parida, I. M., Chhiba, and V. K., Nayyar, Influence of nickel-contaminated soils on fenugreek (Trigonella corniculata L.) growth and mineral composition. Scientia Horticulturae. 98, 113-119; (2003).

13- J., Proctor, Toxins, nutrient shortages and droughts: the serpentine challenge. Trends in Ecology and Evolution. 14, 334-335; (1999).

14- R. D., Reeves, and A. G. M., Baker, Metal accumulating plants. In: Phytoremediation of toxic metals: using plants to clean up the environment (eds. Raskin, I. and Ensley, B. D.). John Wiley and Sons Inc., New York, 193-229; (2000).

15- R. D., Reeves, and A. J. M., Baker, Studies on metal uptake by plants from serpentine and non serpentine populations of Thlaspi goesingense Halacsy (Cruciferae). New Phytologist. 98, 191-204; (1984).

16- R. D., Reeves, A. J. M., Baker, A., Borhidi, and R., Berazain, Nickel-accumulating plants from the ancient serpentine soils of Cuba. New Phytologist. 133, 217-224; (1996).

17- G. R., Rout, S., Samantaray, and P., Das, Effects of chromium and nickel on germination and growth in tolerant and non-tolerant populations of Echinochloa coloa (L.) link.Chemosphere. 40,585-589; (2000).