

## بررسی اثر نیکل و آهن بر اسیدپتیکه خاک و برخی از پارامترهای رشد گیاه مرتعی *Stipa capensis* (مطالعه موردی: منطقه نفت خیز گچساران)

کامبیز حسین پور<sup>\*۱</sup>

[kami9926@yahoo.com](mailto:kami9926@yahoo.com)

حمید سودائی زاده<sup>۲</sup>

مهديه تجملیان<sup>۳</sup>

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۲۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵

### چکیده

زمینه و هدف: انتخاب گونه‌های مقاوم وبومی که قابلیت تطابق با شرایط محیطی در محل آلوده را دارند، یک عامل کلیدی در موفقیت زیست پالایی گیاهی است. هدف از این تحقیق بررسی اثر غلظت‌های مختلف نیکل و آهن بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه مرتعی *Stipa capensis* در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی می‌باشد.

روش بررسی: جهت اجرای تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل نوع ماده آلاینده با دو سطح (آهن و نیکل) و غلظت ماده آلاینده با ۴ سطح (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppm) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر مقادیر مختلف آهن و نیکل بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه در سطح یک درصد ( $p < 0.01$ ) معنی‌دار بوده است. به طوری که با افزایش غلظت عنصر از درصد سبز شدن ارتفاع گیاه کاسته شد. همچنین اثر نوع عنصر بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد ( $p < 0.05$ ) معنی‌دار بود. درصد سبز شدن بذور (۵۱/۲۵٪) و ارتفاع بوته (۱۳۵ سانتی‌متر) در گلدان‌های حاوی عنصر آهن به طور معنی‌داری بیش‌تر از حالتی بود که عنصر نیکل به خاک اضافه شده بود. اثر متقابل نوع عنصر و مقدار عنصر اضافه شده نیز تنها بر درصد سبز شدن بذور در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. به طوری که بیش‌ترین درصد سبز شدن بذر مربوط به شاهد و کم‌ترین میزان (۱۰٪) مربوط به عنصر نیکل با مقدار ۲۰۰ ppm بود.

بحث و نتیجه‌گیری: به طور کلی نتایج این تحقیق بیانگر اثر منفی عناصر نیکل و آهن بر درصد سبز شدن بذور و ارتفاع گیاه *Stipa capensis* بود. با این حال سبز شدن گیاه در بالاترین غلظت عناصر، بیانگر تحمل نسبی این گونه گیاهی به مواد آلاینده مورد بررسی در این مطالعه بود.

واژه‌های کلیدی: گیاه پالایی، *Stipa capensis*، فلزات سنگین، پارامترهای رشد، گچساران.

\*۱- (مسئول مکاتبات): کارشناس ارشد آلودگی‌های محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی میبد، بزد، ایران.

۲- استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، بزد، ایران.

۳- دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی، دانشگاه یزد، بزد، ایران.

# **The Effect of Nickel and Iron on Soil acidity and Growth Parameters in *Stipa capensis***

## **(Case study: Gachsaran oil-rich region)**

**Kambiz Hosseinpour <sup>1\*</sup>**

[kami9926@yahoo.com](mailto:kami9926@yahoo.com)

**Hamid Sodaeezade <sup>2</sup>**

**Mahdieh Tajamolian <sup>3</sup>**

### **Abstract**

**Background and Objective:** Selection of resistant species with an ability to make adaptation with the local contaminated site is a key factor in the success of phytoremediation. The aim of this study was to evaluate the effect of different concentrations of Fe, Ni on seed emergence and plant height of *Stipa capensis* under laboratory conditions.

**Method:** A factorial experiment based on completely randomized design with three replications was used. Pollutant substances (iron and nickel) and pollutant concentrations (0, 100, 150, 200ppm) were considered as the first and second factors, respectively.

**Findings:** The results showed that the effect of different amounts of iron and nickel on seed emergence and plant height of *Stipa capensis* was significant ( $p < 0.01$ ). Germination and growth inhibition of test plant increased with increasing the concentration of elements. Also the effects of element type on seed germination percentage and plant height were significant at 1 and 5% levels, respectively. The highest germination percentage (51.25%) and height (11.35 cm) was related to iron. The interaction of element type and element concentration had a significant effect ( $p < 0.05$ ) only on seed germination percentage. Maximum and minimum germination percentages were obtained at control and 200 ppm of Ni, respectively.

**Conclusion:** Overall results indicate the negative effects of Fe, Ni on seed germination as well as plant height of *Stipa capensis*. However, germination of *Stipa capensis* at the highest concentration of elements, indicate the relatively tolerance of this species to soil contamination elements in this study.

**Keywords:** Phytoremediation, *Stipa capensis*, Heavy metals, Oil pollution, Ghachsaran.

---

1- MSc of Environmental Contamination, Meibod University, Yazd, Iran. \* (Corresponding Author)

2- Assistance Professor, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University, Yazd, Iran.

3- PhD of Desert Combating, Faculty of Natural Resources and Desert Studies, Yazd University Yazd, Iran.

## مقدمه

آلاینده‌ها از جمله عوامل مختل‌کننده اکوسیستم به‌شمار می‌روند و از میان آلاینده‌ها، فلزات سنگین به دلیل اثرات فیزیولوژیکی بر موجودات زنده در غلظت‌های کم، حایز اهمیت هستند. فلزات سنگین نه تنها باعث آلودگی خاک می‌شوند، بلکه در بعضی موارد ارزش کشاورزی خاک را زایل می‌کنند. این فلزات قادرند در اعماق زمین نفوذ کرده و باعث آلودگی شدید آب‌های زیرزمینی شوند (۱). از آن‌جا که آلاینده‌های آلی و فلزات تجزیه پذیر نمی‌باشند، حذف فلزات از خاک‌های آلوده یک چالش مهم محسوب می‌گردد. روش‌های معمول برای خروج فلزات سنگین از خاک‌های آلوده عموماً پرهزینه بوده و همچنین سبب تغییرات در بعضی از ویژگی‌های خاک مانند ساختمان، مواد آلی و جمعیت ریز موجودات خاک می‌شود (۲). به تازگی توجه پژوهشگران زیادی به روش استفاده از گیاهان برای خروج فلزات سنگین از خاک‌های آلوده معطوف شده است (۳، ۴، ۵). نیکل و آهن به‌عنوان دو فلز سنگین، نقش مهمی را در گیاهان ایفا می‌کنند. این عناصر در غلظت‌های پایین اثر سمی بر گیاه ندارند، ولی در غلظت‌های بالا برای گیاهان سمی هستند. تاکنون مطالعات فراوانی در مورد نحوه عکس‌العمل گیاهان به تنش‌های ناشی از فلزات سنگین صورت گرفته است. این آزمایش‌ها نشان داده که میزان نیکل موجود در بافت‌های گیاهی ریشه و بخش‌های هوایی ارتباط مستقیم با غلظت نیکل موجود در محیط کشت گیاه دارد. هزارخانی (۱۳۸۵) با بررسی اثر نیکل بر پارامترهای رشد و میزان کلروفیل دو گونه کلزا گزارش کرد که با افزایش غلظت نیکل، سطح برگ‌ها، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی، طول ریشه و اندام هوایی و همچنین میزان کلروفیل کاهش می‌یابد (۶). خطیب و همکاران (۱۳۸۷) با بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*) به این نتیجه رسیدند که با افزایش غلظت نیکل، مقاومت روزنه‌ها نسبت به تیمار شاهد به‌صورت معنی‌داری افزایش می‌یابد که نتیجه آن کاهش تولید بیوماس ریشه و اندام هوایی است. علایم مورفولوژی سمیت نیکل به‌صورت نکروزه شدن برگ‌ها، کاهش قطر ریشه و انشعابات آن و همچنین تغییر رنگ ریشه‌ها قابل ملاحظه بوده است (۷).

دریابگی زرد و همکاران (۱۳۸۹) با بررسی توانایی گونه‌های گیاهی آفتابگردان، ذرت بلالی، کرچک و کتان در حذف ترکیبات نفتی از خاک و تأثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه‌های گیاهی گزارش کردند که گونه‌های آفتابگردان و ذرت بلالی نسبت به سایر گونه‌ها دارای رشد بهتری در خاک‌های آلوده بوده‌اند. بیشترین بیوماس خشک اندام هوایی برای ذرت بلالی به‌دست آمد. حداکثر میزان حذف TPHs در کتان (۸۷/۶۳٪) مشاهده شد به‌طوری‌که این گیاه توانست در مدت سه ماه بیش از ۳۵۰۰۰ mg/kg از ترکیبات نفتی خاک را حذف کند (۸). براساس بررسی‌های به‌عمل آمده تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه استفاده از گیاهان جهت حذف عناصر سنگین از خاک صورت گرفته است. با این حال تاکنون تحقیقی در مورد استفاده از گونه مرتعی *Stipa capensis* جهت پایش خاک‌های آلوده به مواد نفتی با هدف حذف فلزات سنگین آهن و نیکل در این خاک‌ها صورت نگرفته است. هدف از این مطالعه تعیین اثر عنصر نیکل و آهن بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی گیاه *S. capensis* و شناسایی آستانه تحمل این گیاه به عناصر فلزی آهن و نیکل در خاک‌های آلوده به ترکیبات نفتی است.

## روش بررسی

گیاه *S. capensis* مرتعی، مقاوم، گونه غالب منطقه است و پس از رسیدن به رشد نهایی به علت زبر بودن برگ و ساقه، گیاه خوش‌خوراکی برای دام به حساب نمی‌آید (به‌دلیل سیخک‌های خشبی و نوک تیز موجب ایجاد زخم‌ها و جراحات جدی در ناحیه گلو، دهان، مری، بینی، چشم، گوش و حتی پوست دام می‌گردد). در نتیجه فلزات جذب شده توسط گیاه وارد بدن دام و در نتیجه چرخه غذایی نخواهد شد. از این رو این گیاه برای سنجش عملکرد گیاه‌پالایی انتخاب شد. بذر گیاه *S. capensis* از منطقه سدچم و شیر گچساران جمع‌آوری شد. در جمع‌آوری بذرها سعی شد تا بذرها از بوته‌هایی با رشد یکسان و در شرایط یکسان رویشی جمع‌آوری شوند. جمع‌آوری بذور در اطراف یک دکل حفاری چاه نفتی انجام گرفت. از آن‌جا که بالا بودن درصد جوانه‌زنی بذرها انتخابی جهت انجام آزمایش‌های نقشه مهمی را ایفا می‌کند، لذا ابتدا قبل از شروع آزمایش درصد جوانه‌زنی بذرها جمع‌آوری شده با روشی که

نیاز با استفاده از آب مقطر آبیاری گردیدند. فاکتورهای مورد اندازه گیری در این آزمایش شامل درصد سبز شدن بذر، اسیدیته خاک و ارتفاع گیاه در تیمارهای مختلف بود. با توجه به اهمیت فاکتور ارتفاع گیاه در ارزیابی ها، این فاکتور در پایان دوره آزمایش، پس از گذشت ۲ ماه، با استفاده از خط کش اندازه گیری شد. اسیدیته گل اشباع تهیه شده از خاک- های تحت تیمارهای مختلف نیز با استفاده از دستگاه pH سنج به دست آمد (۱۰). بعد از جمع آوری، داده ها با توجه به برقرار بودن پیش فرض های نرمال بودن و تساوی واریانس ها، از روش تجزیه واریانس دو طرفه جهت تجزیه و تحلیل داده ها استفاده شد. میانگین تیمارها با کمک آزمون دانکن مقایسه شده و نمودارهای مربوط با استفاده از نرم افزار Excell رسم شد. کلیه محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SPSS ۱۶ صورت گرفت.

#### یافته ها

طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس، اثر غلظت عنصر بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه *Stipa capensis* و اسیدیته خاک در سطح یک درصد ( $p < 0.01$ ) معنی دار بود. همچنین اثر نوع عنصر بر درصد سبز شدن در سطح یک درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد ( $p < 0.05$ ) معنی دار بود. اما نوع عنصر بر اسیدیته خاک تأثیر معنی داری نشان نداد. اثر متقابل نوع عنصر و مقدار عنصر اضافه شده نیز تنها بر درصد سبز شدن بذر در سطح پنج درصد ( $p < 0.05$ ) معنی دار بود (جدول ۱).

در ادامه ذکر می شود، اندازه گیری شد و با توجه به درصد جوانه زنی مناسب، بذرهاى مورد نظر برای اجرای آزمایش انتخاب شدند. برای محاسبه درصد جوانه زنی از فرمول زیر استفاده شد (۹):

$$PG = (Ni/N) \times 100 \quad (1)$$

که در آن PG درصد جوانه زنی و Ni تعداد بذر جوانه زده در روز آخر شمارش و N تعداد کل بذرها است.

جهت اجرای تحقیق از آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار استفاده شد. از آن جا که یکی از عناصر تشکیل دهنده نفت عنصر نیکل بوده و در بررسی های انجام یافته از آنالیز آزمایش های شرکت نفت بر روی خاک منطقه، غلظت آهن هم قابل توجه بود، لذا فاکتورهای مورد بررسی شامل نوع ماده آلاینده با دو سطح (آهن و نیکل) و غلظت ماده آلاینده با ۴ سطح (۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ ppm) در نظر گرفته شد. قبل از انتخاب غلظت عناصر، رشد گیاه در غلظت های متفاوت نیکل و آهن مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که در غلظت های بالاتر از ۲۰۰ ppm گیاه سبز نشد به همین دلیل دامنه غلظت بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ ppm در نظر گرفته شد. در این تحقیق از گلدان های با ظرفیت یک کیلوگرم خاک استفاده شد. ابتدا خاک مورد بررسی (بافت لومی) بر اساس نقشه طرح با مواد آلاینده مخلوط شده و داخل گلدان ها ریخته شد. گلدان های بدون آلاینده به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. پس از اعمال تیمارها در هر گلدان، تعداد ۲۰ بذر از پیش جوانه زده کشت شد. در طول مدت آزمایش، گلدان ها در زمان مورد

#### جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر مقدار عنصر نیکل و آهن بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه *Stipa capensis* و

##### اسیدیته خاک

Table 1-The Effect of Nickel and Iron on seed emergence and plant height of *Stipa capensis* and Soil acidity

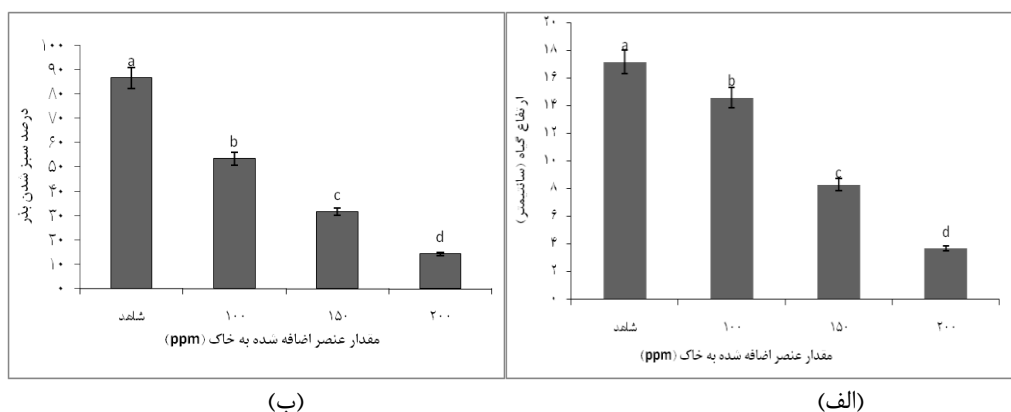
میانگین مربعات			درجات آزادی	منابع تغییرات
اسیدیته خاک	ارتفاع گیاه	درصد سبز شدن		
۰/۰۰۱ <sup>ns</sup>	۴/۲۵۰*	۵۵۱/۰۴۲**	۱	عنصر
۰/۲۷۱**	۲۲۳/۱۷۳**	۵۸۵۱/۰۴۲**	۳	مقدار
۰/۰۲۵ <sup>ns</sup>	۱/۲۹۶ <sup>ns</sup>	۷۸/۸۱۹*	۳	عنصر*مقدار
۰/۰۲۲	۰/۹۸۴	۲۰/۸۳۳	۱۶	خطا

<sup>ns</sup> فقدان وجود اختلاف معنی دار، \* معنی داری در سطح پنج و \*\* معنی داری در سطح یک درصد.

\*Significant at 1% level of probability, \*significant at 5%, <sup>ns</sup> nosignificant.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عناصر، درصد سبز شدن در *Stipa capensis* کاهش یافت. بیشترین درصد سبز شدن بذر گیاه مربوط به شاهد با ۸۶/۶۶ و کمترین میزان مربوط به تیمار ۲۰۰ ppm با ۱۴/۱۶ درصد بود (شکل ۱-الف). همچنین با افزایش غلظت عناصر از ارتفاع گیاه کاسته شد. در بالاترین غلظت (۲۰۰ ppm) ارتفاع گیاه

کم‌ترین میزان مربوط به تیمار نیکل با ۷/۰۹ و آهن با ۱۰/۴۵ سانتی‌متر بود (شکل ۲-ب). بین دو تیمار نیکل و آهن در اسیدیته خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در سایر مقادیر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

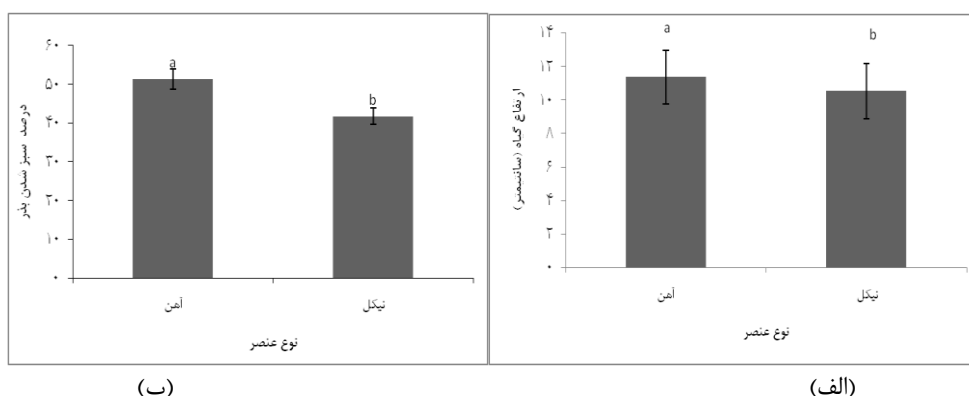


شکل ۱-الف) تأثیر غلظت ماده آلاینده اضافه به شده بر میانگین درصد سبز شدن بذر، ب) ارتفاع گیاه، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 1- a) Effect of pollutant concentrations on seed emergence and b) height, the averages that have at least one common alphabet are not statistically significant at the 5% Duncan test.

درصد سبز شدن بذر گیاه *Stipa capensis* در خاک آلوده شده با نیکل به‌طور معنی‌داری کم‌تر از خاک حاوی آهن بود، به‌طوری‌که صرف‌نظر از غلظت عناصر، درصد سبز شدن بذر در خاک مخلوط شده با دو عنصر آهن و نیکل به‌ترتیب ۵۱/۲۵ و ۴۱/۶۶ به‌دست آمد (شکل ۲-الف). از بین دو تیمار نیکل و آهن بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار آهن با ۱۱/۳۵ سانتی‌متر و

کم‌ترین میزان مربوط به تیمار نیکل با ۷/۰۹ و آهن با ۱۰/۴۵ سانتی‌متر بود (شکل ۲-ب). بین دو تیمار نیکل و آهن در اسیدیته خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طوری‌که تحت تیمار آهن دارای اسیدیته ۷/۱۱ و خاک تحت تیمار نیکل دارای اسیدیته ۷/۰۹ بود.

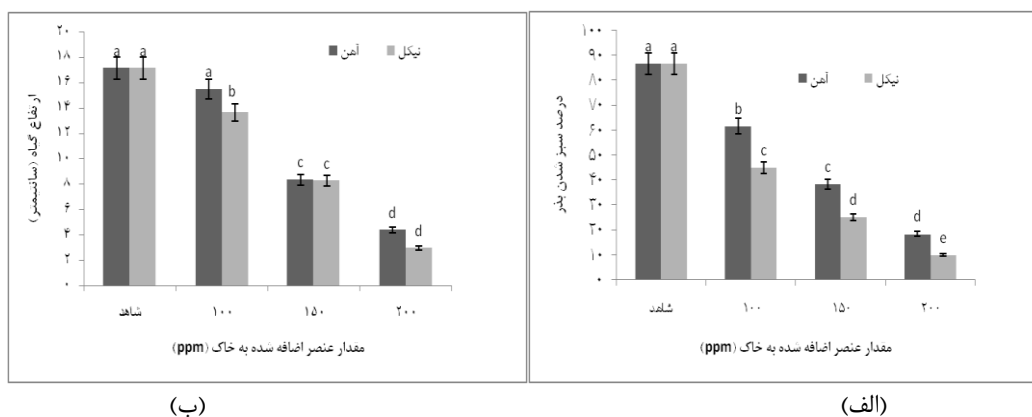


شکل ۲-الف) تأثیر نوع ماده آلاینده اضافه به شده بر میانگین درصد سبز شدن بذر، ب) ارتفاع گیاه، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی‌داری ندارند.

Figure 2- a) Effect of Pollutant substances on seed emergence and b) height, the averages that have at least one common alphabet are not statistically significant at the 5% Duncan test.

متر مربوط به عنصر نیکل با مقدار ppm ۲۰۰ بود (شکل ۳-ب). همچنین به جز در غلظت ppm ۱۰۰ که گیاهان تحت تیمار آهن از ارتفاع بیش تری برخوردار بودند، در سایر غلظت‌ها بین دو عنصر مورد بررسی از این نظر اختلاف معنی داری مشاهده نشد. بیشترین اسیدیته مربوط به تیمار شاهد بود و بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی داری مشاهده نشد.

بررسی اثر متقابل نوع عنصر و غلظت عنصر نشان داد که بیشترین درصد سبز شدن بذر *Stipa Capensis* مربوط به شاهد و کمترین میزان (۱۰ درصد) مربوط به عنصر نیکل با مقدار ppm ۲۰۰ بود. همچنین در تمام غلظت‌ها درصد سبز شدن بذر تحت تیمار آهن بیش تر از نیکل بود (شکل ۳-الف). بیشترین ارتفاع مربوط به شاهد و کمترین میزان با ۲/۹۶ سانتی-



شکل ۳-الف) تأثیر نوع و غلظت ماده آلاینده اضافه به شده بر میانگین درصد سبز شدن بذر، ب) ارتفاع گیاه، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن اختلاف معنی داری ندارند.

Figure 3- a) Effect of Pollutant substances and concentrations on seed emergence and b) height, the averages that have at least one common alphabet are not statistically significant at the 5% Duncan test.

### بحث و نتیجه‌گیری

اشکال مختلف اکسیژن فعال تحت القای فلزات سنگین طی تنش اکسیداتیو، به لیپیدهای غشا، پروتئین‌ها، رنگیزه‌ها و اسیدهای نوکلئیک آسیب وارد کرده و منجر به کاهش آشکاری در رشد گیاه می‌شود که در صورت شدید بودن میزان تنش، می‌تواند در نهایت منجر به مرگ گیاه هم شود. به‌طور کلی نیکل با دخالت در واکنش‌های فتوسنتزی، تنفس و متابولیسم نیتروژن موجب تولید پایین بیوماس و کاهش رشد در گیاهان می‌شود (۱۸ و ۱۹).

در این مورد بر اساس یافته‌های Peralta و همکاران (۲۰۰۴) آسیب‌های ریشه ای ناشی از فلزات سنگین و کاهش میزان کلروفیل و اختلال در فتوسیستم I علت اصلی کاهش رشد اندام هوایی معرفی گردید (۲۰). به‌طور کلی ایجاد تغییر در مورفولوژی ریشه در اثر افزایش غلظت نیکل و تغییر ساختار ریشه باعث کاهش جذب مواد غذایی شده و کاهش رشد را به دنبال دارد (۲۱).

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش درصد سبز شدن بذر و ارتفاع گیاه در اثر تیمارهای مختلف نیکل و آهن به‌طور معنی داری کاهش یافت. در مطالعات دانشمندان مختلف نتایج مشابهی درباره اثرات بازدارندگی فلزات سنگین از جمله نیکل و آهن بر رشد گیاهان مختلف به‌دست آمده است. در گیاه گوجه فرنگی (۱۱)، گندم و برنج (۱۲) و *pisum sativum* (۱۳) اثرات بازدارندگی نیکل بر رشد گزارش شده است. از جمله اثرات اولیه فلزات سنگین، آسیب‌های (۱۴)، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها (۱۵) و مهار رشد ریشه است. این وقایع منجر به اختلال در تعادل هورمونی، کمبود مواد غذایی، مهار فتوسنتز و تغییراتی در ارتباطات آبی و غیره شده که این اثرات ثانویه موجب کاهش رشد در گیاه می‌شود (۱۶). همچنین علت کاهش رشد را به کاهش مقدار آب سلول و یا به دلیل کاهش الاستیسیته دیواره سلول نسبت داده اند (۱۷).

از دیگر دلایل کاهش رشد در گیاهان تحت تیمار فلزات سنگین، نقش آن‌ها در ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو است. تولید

potential for the use of metalaccumulating plants for the in situ decontamination of metal-polluted soils. PP. 673-677. In: H.J.P. Eijsackers and T. Hamers (Eds.), Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for Proper Protection. Kluwer Academic Pub., Dordrecht, the Netherlands.

- 5- Chaney, R.L., M. Malik, Y.M. Lim, S.L. Brown, E.P. Brewer, J.S. Angle, Baker, A.J.M., 1997. Phytoremediation of soil metals. Curr. Opinion Biotechnol. Vol. 8, pp. 279-284.

۶- هزارخانی، اردشیر و سودابه هزارخانی، «بررسی اثر

نیکل بر پارامترهای رشد و میزان کلروفیل در دو نوع کلزا (*Brassica napus* L.)» مجله علوم و تکنولوژی محیط زیست، بهار ۱۳۸۵، دوره ۸، شماره ۱ (مسلسل ۲۸)، صفحات ۲۶ تا ۳۳.

۷- خطیب، میترا، محمدحسن، راشدمحصل، گنجعلی،

علی، و لاهوتی، مهرداد، «تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*)» مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۱۳۸۷، جلد ۶، شماره ۲، صفحات ۲۹۵ تا ۳۰۲.

۸- دریابیگی زند، علی، نبی بید هندی، غلامرضا،

مهرداد، ناصر و روانبخش، شیردم، «توانایی گونه های گیاهی مختلف در حذف ترکیبات نفتی از خاک و تأثیر آلودگی نفتی بر رشد این گونه‌های گیاهی» علوم و تکنولوژی محیط زیست، ۱۳۸۹، جلد ۱۲، شماره ۴، صفحات ۴۱ تا ۵۷.

- 9- Anvari, M., Mehdikhani, H., Shahriari, A.R., Nouri, G.H., 2009. Effect of salinity stress on 7 species of range plants in germination stage. Iranian journal of Range and Desert Reseach, Vol, 16(2).

- 10-Thomas, G. W., 1996. Soil pH and acidity. P. 475-490. In D. L. Sparks et al. (ed.) Methods of soil analysis. Part

از دیگر مراحل مهم در رشد گیاه جوانه‌زنی است که به وجود آلاینده‌های مختلف در خاک حساس می‌باشد. گونه‌های گیاهی مختلف رفتار متفاوتی در جوانه‌زنی نشان می‌دهند. در این مطالعه نیز افزایش فلزات سنگین نیکل و آهن موجب کاهش درصد سبز شدن *Stipa capensis* شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر بازدارندگی عنصر نیکل بر درصد سبز شدن بذر بیش از آهن بوده است. در مطالعات انجام یافته بر روی گیاهان کرچک، یونجه، کتان، آفتابگردان و ذرت بلالی با مقایسه تیمار شاهد و تیمار خاک‌های آلوده مشخص شد که حضور هیدروکربن‌های نفتی دارای تأثیر قابل ملاحظه بر کاهش جوانه زنی این گیاهان بوده است (۸).

در کل نتایج حاصل از این پژوهش بیانگر این مطلب است که هرچند ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه *Stipa capensis* نظیر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه تحت تأثیر آلودگی خاک به آهن و نیکل قرار گرفته اما درصد سبز شدن و رشد آن در این خاک‌ها حتی در بالاترین غلظت (۲۰۰ ppm) نیز وجود داشته است و این نشان‌دهنده آن است که گیاه مذکور نسبت به مواد آلاینده تا حدودی مقاوم بوده است. همچنین مقایسه تأثیر نوع عنصر بر پارامترهای رفتاری گیاه *Stipa capensis* حاکی از مقاومت بیش‌تر گیاه به عنصر آهن در مقایسه با نیکل بود. با این حال پیشنهاد می‌گردد که عکس‌العمل گونه مورد نظر به سایر فلزات سنگین و خاک‌های با بافت‌های متفاوت نیز بررسی گردد.

#### منابع

- 1- Yalcin, M. G., Battaloglu, R., Ilhan, S., 2007. Heavy metal sources in Sultan Marsh and its neighborhood, Kayseri, Turkey. Environ Geol, Vol. 53, PP. 399-415.
- 2- Terry, N., Banuelos G., 2000. Phytoremediation of Contaminated Soil and Water. Lewis Pub., Boca Raton.
- 3- Raskin, I., Kumar, P.B.N.A., Dushenkov, Salt, V. D.E., 1994. Bioconcentration of heavy metals by plants. Curr. Opin. Biotechnol. Vol. 5, PP. 285-290.
- 4- Grath, S.P., C.M.D. Sidoli, A.J.M. Baker and Reeves, R.D., 1993. The

- metal- treated bush bean plants (phaseolus vulgaris L.) New phytol 108, 37-49.
- 17-Hegedus, A., Erdei, S., Horvath, G., 2001. Comparative studies of H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> detoxifying enzymes in green and greening barley under heavy metal stress. Plant Sci. 160:1085-1093.
- 18-Moya J. L., Ros, R., picazo, I., 1993. Influence of Cadmium and Nickel on growth, net photosynthesis and carbohydrate distribution in rice plants, photosynthesis research 36, 75-80.
- 19-Pandolfini, T., Gabbrielli, R., Comparini, C., 1992. Nickel toxicity and peroxidase activity in Seedlings of Triticum aestivum L. plant Cell Environ 15, 719-725.
- 20-Peralta-Videa, J.R., Rosa, G. De., Gonzalez, J.H., Gardea-Torresdey, J.L., 2004. Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in Environmental Research. 8, 679-685.
- 21-Arduini, I., D.L. Godbold., Onnis, A., 1994. Cadmium and copper change root growth and morphology of Pinus pinea and Pinus pinaster seedlings. Physiologia Plantarum. 92,675-680.
3. NO. 5., SSSA and SAS, Madison, WI.
- 11-Palacios, G., I. Gomez, R., Moral, Mataix, J., 1995. Nickel accumulation in tomato Plants. Effect on plant growth. Fresenius Environ.Bull.Vol. 4,469-474.
- 12-Carrier, P., Baryla, A., Havaux, M., 2003. Cadmium distribution and Microlocalization in oilseed rape (Brassica napus) after long growth on cadmium-contaminated soil, planta 216:239-250.
- 13-Dixit, V., Pandey, V., Shyam, R, 2001. Differential antioxidative responses to heavy metal in roots and leaves of pea (pisum sativum L. CV. Azad). J. of Exp. Bot, Vol, 52 (358), 1101-1109.
- 14-Kennedy CD., Gonsalves, EAN, 1987. The action of divalent zinc, cadmium, mercury, copper and lead on transport potential and H<sup>+</sup> efflux of excised roots. J Exp Bot 38, 800-817.
- 15-Clijsters H., Van Assche, F., 1985. Inhibition of photosynthetic heavy metals. Photosynthetica 7, 41-40.
- 16-Barcelo, J., Vazques, M.D., poschenrieder, C., 1988. Structural and ultra structural disorders in heavy