علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، ویژه نامه شماره ۵ ، تابستان۱۳۹۶

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

کامبیز حسین پور [۱*]

kami9926@yahoo.com

حمید سودائی‌زاده [۲]

مهدیه تجملیان [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۵ **تاریخ پذیرش:۱۳۹۴/۰۱/۲۱**

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 ppm، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که اثر مقادیر مختلف آهن و نیکل بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه در سطح یک درصد ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار بوده است. به‌طوری‌که با افزایش غلظت عنصر از درصد سبزشدنو ارتفاع گیاه کاسته شد. همچنین اثر نوع عنصر بر درصد جوانه‌زنی در سطح یک درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود. درصد سبز شدن بذور (۵۱/۲۵٪) و ارتفاع بوته (۱۱/۳۵سانتی‌متر) در گلدان‌های حاوی عنصر آهن به‌طور 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 بذردر سطح پنج درصد معنی‌دار بود. به‌طوری که بیش‌ترین درصد سبز شدن بذر مربوط به شاهد و کم‌ترین میزان (۱۰ ٪) مربوط به عنصر نیکل با مقدار ppm ۲۰۰ بود.

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

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

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

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

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

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, Special No.5, Summer 2017

The Effect of Nickel and Iron on Soil acidity and Growth Parameters in *Stipa capensis* (Case study: Gachsaran oil-rich region)

Kambiz Hosseinpour [1*]

kami9926@yahoo.com

Hamid Sodaeezade [2]

Mahdieh Tajamolian [3]

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 hight (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 نه‌تنها 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 (۵،۴،۳). 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 عکس العمل گیاهان به تنش‌های ناشی از فلزات سنگین صورت گرفته است. این آزمایش‌ها نشان داده که میزان نیکل موجود در بافت‌های گیاهی ریشه و بخش 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 روزنه ها 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).

دریابیگی زند 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 گونه های 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 ۳۵۰۰۰mg/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* گیاهی 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 جمع آوری شد. در جمع‌آوری بذرها سعی شد تا بذرها از بوته‌هایی با رشد یکسان و در شرایط یکسان رویشی جمع‌آوری شوند. جمع‌آوری بذور دراطراف یک دکل حفاری چاه نفتی انجام گرفت. از آن‌جا که بالا بودن درصد جوانه‌زنی بذرهای انتخابی جهت انجام آزمایش نقشی مهمی را ایفا می‌کند، لذا ابتدا قبل از شروع آزمایش درصد جوانه‌زنی بذرهای جمع‌آوری شده با روشی که

در ادامه ذکر می‌شود، اندازه‌گیری شد و با توجه به درصد جوانه‌زنی مناسب، بذرهای مورد نظر برای اجرای آزمایش انتخاب شدند. برای محاسبه درصد جوانه‌زنی از فرمول زیر استفاده شد (۹):

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

که در آن PG درصد جوانه زنی و Ni تعداد بذر جوانه‌زده 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 آن‌جا که یکی از عناصر تشکیل دهنده نفت عنصر نیکل بوده و در بررسی‌های انجام یافته از آنالیز آزمایش‌های 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 غلظت‌های متفاوت نیکل و آهن مورد بررسی قرار گرفته و مشخص گردید که در غلظت‌های بالاتر از ۲۰۰ppm گیاه سبز نشد به همین دلیل دامنه غلظت بین ۱۰۰ تا ۲۰۰ ppm در نظر گرفته شد. دراین تحقیق از گلدان‌های با ظرفیت یک کیلوگرم خاک استفاده شد. ابتدا خاک مورد بررسی (بافت لومی) بر اساس نقشه طرح با مواد آلاینده مخلوط شده و داخل گلدان‌ها ریخته شد. گلدان‌های بدون آلاینده به‌عنوان 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، گلدان‌ها در زمان مورد نیاز با استفاده از آب مقطر آبیاری گردیدند.

فاکتورهای مورد اندازه‌گیری 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 ارزیابی‌ها، 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، داده‌ها با توجه به برقرار بودن پیش‌فرض‌های نرمال بودن و تساوی واریانس‌ها، از روش تجزیه واریانس دو طرفه جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها 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 SPSS۱۶ صورت گرفت.

یافته‌ها

طبق نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس، اثر غلظت عنصر بر درصد سبز شدن و ارتفاع گیاه *Stipa capensis* و اسیدیته خاک در سطح یک درصد ($p<۰/۰۱$) معنی‌دار بود. همچنین اثر نوع عنصر بر درصد سبز شدن در سطح یک درصد و بر ارتفاع گیاه در سطح پنج درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود. اما نوع عنصر بر اسیدیته خاک تأثیر معنی‌داری نشان نداد. اثر متقابل نوع عنصر و مقدار عنصر اضافه شده نیز تنها بر درصد سبزشدن بذر در سطح پنج درصد ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار بود (جدول ۱).

جدول ۱- تجزیه واریانس تأثیر مقدار عنصر نیکل و آهن بر درصد سبزشدن و ارتفاع گیاه *Stipa capensis* و اسیدیته خاک

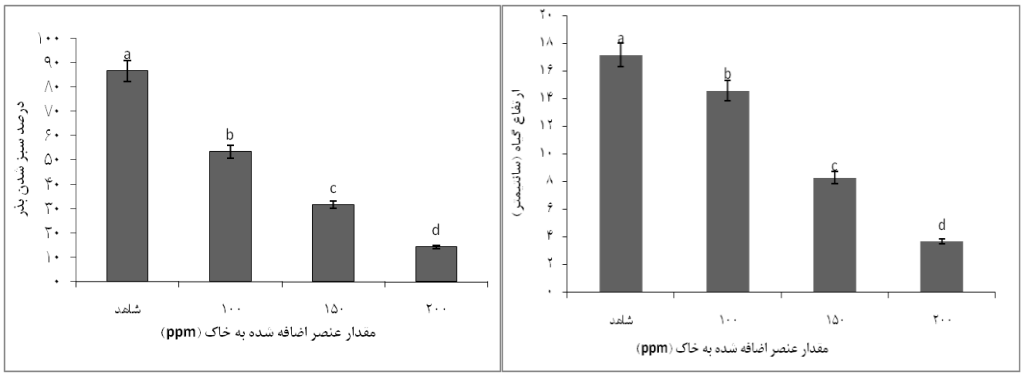
Table 1-The Effect of Nickel and Iron on seed emergence and plant height of Stipa capensis and Soil acidity

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

ns فقدان وجود اختلاف معنی‌دار، *معنی‌داری در سطح پنج و ** معنی داری در سطح یک درصد.

*Significant at 1% level of probability, *significantat 5%, ns nosignificant.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش غلظت عناصر، درصد سبزشدن در *Stipa capensis* کاهش یافت. بیش‌ترین درصد سبزشدن بذور گیاه مربوط به شاهد با ۸۶/۶۶ و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار ppm ۲۰۰ با ۱۴/۱۶ درصد بود (شکل۱-الف). همچنین با افزایش غلظت عناصر از ارتفاع گیاه کاسته شد. در بالاترین غلظت (ppm ۲۰۰) ارتفاع گیاه *Stipa capensis* نسبت به شاهد حدود ۶۵٪ کاهش یافت (شکل۱-ب). بررسی‌های به‌عمل آمده نشان داد با اضافه کردن عناصر بیش‌ترین اسیدیته خاک مربوط به شاهد (۷/۴۲) بوده و بین اسیدیته خاک در سایر مقادیر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

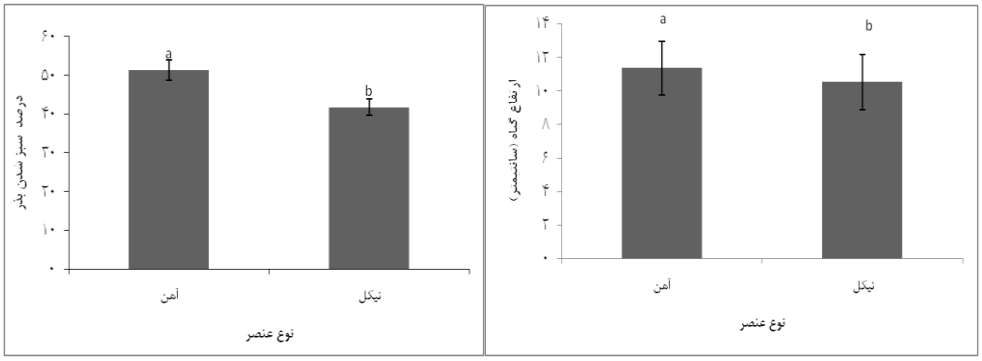


(ب) (الف)

شکل۱-الف) تأثیر غلظت ماده آلاینده اضافه به شده بر میانگین درصد سبزشدن 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) hight, the averages that have at least one common alphabet are not statistically significant at the 5% Duncan test.

درصد سبز شدن بذور گیاه *Stipa capensis* درخاک 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 (شکل۲-الف). از بین دو تیمار نیکل و آهن بیش‌ترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار آهن با ۱۱/۳۵سانتی‌متر و کم‌ترین میزان مربوط به تیمار نیکل با ۱۰/۴۵ سانتی‌متر بود (شکل۲-ب). بین دو تیمار نیکل و آهن در اسیدیته خاک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. به‌طوری‌که خاک تحت تیمار آهن دارای اسیدیته ۷/۱۱ و خاک تحت تیمار نیکل دارای اسیدیته ۷/۰۹ بود.

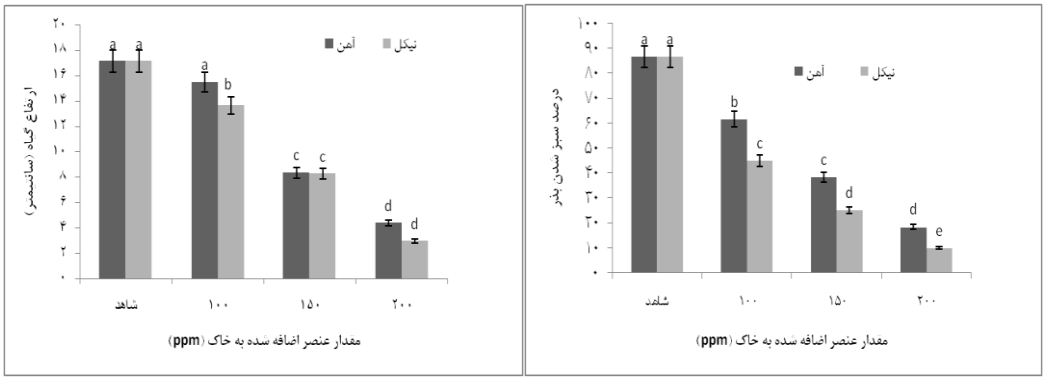


(ب) (الف)

شکل۲-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 معنی داری ندارند.

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

بررسی اثر متقابل نوع عنصر و غلظت عنصر نشان داد که بیش-ترین درصد سبز شدن بذر *Stipa Capensis* مربوط به شاهد و کم‌ترین میزان (۱۰ درصد) مربوط به عنصر نیکـل بـا مقـدار ppm ۲۰۰ بود. همچنین در تمام غلظت‌ها درصد سـبز شـدن بذور تحت تیمار آهن بیش‌تر از نیکل بود (شکل۳-الف). بـیش-ترین ارتفاع مربوط به شاهد و کم‌ترین میزان بـا ۲/۹۶ سـانتی-متر مربوط به عنصر نیکل با مقـدار ppm ۲۰۰ بـود (شـکل۳-ب). همچنین به‌جز در غلظـت ppm ۱۰۰ کـه گیاهـان تحـت تیمار آهن از ارتفاع بیش‌تری برخوردار بودند، در سایر غلظت‌ها بین دو عنصر مـورد بررسـی از ایـن نظـر اخـتلاف معنـی‌داری مشاهده نشد. بیش‌ترین اسیدیته مربوط به تیمـار شـاهد بـود و بین تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



(الف) (ب)

شکل۳-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) hight, the averages that have at least one common alphabet are not statistically significant at the 5% Duncan test.

بحث و نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از این آزمایش درصد سبز شـدن بذر و ارتفاع گیاه در اثر تیمارهای مختلف نیکل و آهن بـه طـور معنی‌داری کاهش یافت. در مطالعات دانشمندان مختلف نتـایج مشابهی درباره اثرات بازدارندگی فلزات سنگین از جمله نیکل و آهن بر رشد گیاهان مختلف به‌دست آمده است. در گیاه گوجـه فرنگـی (۱۱)، گنـدم و بـرنج (۱۲) و *pisum sativum* (۱۳) اثرات بازدارندگی نیکل بر رشـد گـزارش شـده اسـت. از جملـه اثرات اولیه فلزات سنگین، آسیب غشایی (۱۴)، تغییر در فعالیت آنزیم‌ها (۱۵) و مهار رشـد ریشـه اسـت. ایـن وقـایع منجـر بـه اختلال در تعادل هورمونی، کمبود مواد غذایی، مهار فتوسـنتز و تغییراتی در ارتباطات آبی و غیره شـده کـه ایـن اثـرات ثانویـه موجب کاهش رشـد در گیـاه مـی‌شـود (۱۶). همچنـین علـت کاهش رشد را به کاهش مقدار آب سلول و یا به دلیـل کـاهش الاستیسیته دیواره سلول نسبت داده اند (۱۷).

از دیگر دلایـل کـاهش رشـد در گیاهـان تحـت تیمـار فلـزات سنگین، نقش آن‌ها در ایجاد آسیب‌های اکسیداتیو است. تولیـد اشکال مختلف اکسیژن فعال تحت القـای فلـزات سـنگین طـی تنش اکسیدواتیو، به لیپیدهای غشا، پـروتئین‌هـا، رنگیـزه‌هـا و اسیدهای نوکلئیک آسیب وارد کرده و منجر به کاهش آشکاری در رشد گیاه می‌شود که در صورت شدید بـودن میـزان تـنش، می‌تواند در نهایت منجر به مرگ گیاه هـم شـود. بـه‌طـور کلـی نیکل با دخالت در واکنش‌های فتوسنتزی، تـنفس و متابولیسـم نیتروژن موجب تولید پایین بیوماس و کاهش رشـد در گیاهـان می‌شود (۱۸ و ۱۹).

در این مورد بر اساس یافته‌های Peralta و همکـاران (۲۰۰۴) آسیب‌های ریشه ای ناشی از فلـزات سـنگین و کـاهش میـزان کلروفیل و اختلال در فتوسیستم I علت اصلی کاهش رشد اندام هـوایی معرفـی گردیـد (۲۰). بـه‌طـور کلـی ایجـاد تغییـر در مورفولوژی ریشه در اثر افزایش غلظت نیکل و تغییـر سـاختار ریشه باعث کاهش جذب مواد غذایی شده و کاهش رشد را به-دنبال دارد (۲۱).

از دیگر مراحل مهم در رشد گیاه جوانه‌زنی است که بـه وجـود آلاینده‌های مختلف در خاک حساس می‌باشد. گونه‌های گیاهی مختلف رفتار متفاوتی در جوانه‌زنـی نشـان مـی‌دهنـد. در ایـن مطالعه نیز افزایش فلزات سنگین نیکل و آهـن موجـب کـاهش درصد سبز شدن *Stipa capensis* شد. همچنین نتایج نشان داد که اثر بازدارندگی عنصر نیکل بر درصد سبز شدن بذر بیش از آهن بوده اسـت. در مطالعـات انجـام یافتـه بـر روی گیاهـان کرچک، یونجه، کتان، آفتابگردان و ذرت بلالی با مقایسه تیمار شـاهد و تیمـار خـاک‌هـای آلـوده مشـخص شـد کـه حضـور 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 اسـت کـه هرچند ویژگی‌های مورفولوژیکی گیاه *Stipa capensis* نظیـر 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 خاک-ها حتی در بالاترین غلظت (۲۰۰ ppm) نیز وجود داشته است و این نشان‌دهنده آن اسـت کـه گیـاه مـذکور نسـبت بـه مـواد آلاینده تا حدودی مقاوم بوده است. همچنین مقایسه تأثیر نـوع عنصر بر پارامترهای رفتاری گیاه *Stipa capensis* حـاکی از مقاومت بیش‌تر گیاه به عنصر آهن در مقایسه با نیکـل بـود. بـا این‌حال پیشنهاد می‌گردد که عکس‌العمل گونـه مـورد نظـر بـه سایر فلزات سنگین و خاک‌های با بافت‌های متفاوت نیز بررسـی 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 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 هزارخوانی، «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، مهردادی، 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

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 seil, 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+ efflux of excised roots. J Exp Bot 38, 800-817.

15- Clijsters H., Van Assche, F., 1985. Inhibition of photosyntheticaheavy metals. Photosyntheticaes 7, 41-40.

16- Barcelo, J., Vazques, M.D., poschenrieder, C., 1988. Structural and ultra structural disorders in heavy metal- treated bush bean plants (phaseolus vulgaris L.) New phytol 108, 37-49.

17- Hegedus, A., Erdei, S., Horvath, G., 2001. Comparative studies of H2O2 detoxifying enzmes 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 Seedings of Triticum aestivum L. plant Cell Environ15, 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 pineaand Pinus pinasterseedlings. Physiologia Plantarum. 92,675-680.