مقاله علمی پژوهشی
مجله دوفصل نامه
مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی
ISSN 2588-5073 چاپی
ISSN 2588-5081 الکترونیکی online
دوره ۱۳، شماره ۱، بهار و تابستان ۱۴۰۳
صفحه ۵۰-۴۲

Research Article
Genetic Engineering and Biosafety Journal 2024
Volume 13, Number 1, Pages: 42-50

http://gebsj.ir/

https://ecc.isc.ac/showJournal/23064

10.61186/gebsj.13.1.6

بررسی تاثیر آلودگی خاک با فلزات سنگین در رشد و نمو گیاه گندم در شرایط گلخانه‌ای

Investigating the effect of soil contamination with heavy metals on the growth and development of wheat in greenhouse conditions

نسرین صبورمقدم

Nasrin Sabourmoghaddam

گروه منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه پیام نور، ایران.
Department of Environment and Natural Resources, Payame Noor University, Tehran, Iran

*نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: *Corresponding Author, Email
sabourmoghaddam@pnu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۲/۲ - تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۲/۱۰- تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۶/۷)
Received: 2024/02/21 | Accepted: 2024/04/29 | Published: 2024/08/28

Abstract

The aim of this study was to evaluate the toxicity of some selected heavy metals on wheat growth and performance under greenhouse conditions. The experiment was conducted using two wheat cultivars, Pishgam and Azar2. Five heavy metals, cadmium (Cd), chromium (Cr), nickel (Ni), zinc (Zn), and lead (Pb), were applied to the soil at desired concentration for each. After one month of cultivation, various growth parameters were measured and subjected to statistical analysis. The results indicated that all the tested heavy metals significantly reduced most of the wheat growth parameters. Cadmium was the most toxic metal, followed by nickel, lead, chromium, and zinc. Cadmium treatment decreased the plant dry weight, plant height, and total protein content by 54.9%, 45%, and 47%, respectively. Nickel, lead, and chromium treatments reduced the plant dry weight by 28%, 17%, and 15%, respectively, while zinc treatment did not affect the plant dry weight or height significantly. However, zinc treatment also decreased the total protein content and root dry weight by 9% and 12%, respectively. The findings of this study demonstrated that the presence of heavy metals in the soil can impair the growth and performance of wheat, which is a strategic crop in Iran. Therefore, it is necessary to revise the permissible levels of some of these metals in agricultural soils, especially those used for wheat cultivation.

Keywords: Absorption of heavy metals, Heavy metals, nitrogen fixation, phytotoxicity, wheat

چکیده

رفرانس دهی این مقاله Citation

Sabour-Moghaddam N. (2024). Investigating the effect of soil contamination with heavy metals on the growth and development of wheat seedlings in greenhouse conditions. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 13 (1) : 42-50. Doi: 10.61186/gebsj.13.1.6
URL: http://gebsj.ir/article-1-484-fa.html

صبورمقدم ن. (۱۴۰۳) .بررسی تاثیر آلودگی خاک با فلزات سنگین در رشد و نمو گیاه گندم در شرایط گلخانه‌ای. مهندسی ژنتیک و ایمنی زیستی، ۱۳ (۱): ۴۲- ۵۰
URL: http://gebsj.ir/article-1-484-fa.html

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

Genetic Engineering and Biosafety Journal
Volume 13, Number 1, 2024

خلاصه

تحقیق حاضر به منظور بررسی سمیت برخی فلزات سنگین منتخب، بر رشد گیاه گندم و عملکرد آن در شرایط گلخانه‌ای انجام گردید. آزمایش در سطح گلخانه و با استفاده از رقم پیشگام و آذر۲ انجام گردید. پنج فلز سنگین کادمیوم (Cd)، کروم (Cr)، نیکل (Ni)، روی (Zn) و سرب (Pb) برای این آزمایش انتخاب گردید. مقدار فلزات سنگین استفاده شده معادل حداکثر غلظت قابل قبول از نظر استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست کشور بود. پس از یک ماه از شروع آزمایش انواع مختلف فاکتورهای رشدی اندازه‌گیری و مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. نتایج نشان دادند که تمام فلزات سنگین مورد آزمایش، قادر به ایجاد کاهش معنی‌داری در اکثر فاکتورهای رشد گیاه گندم هستند. در بین فلزات سنگین مورد آزمایش، کادمیوم بعنوان سمی‌ترین فلز اندازه‌گیری گردید و پس از آن به ترتیب نیکل، سرب، کروم و روی بیشترین اثرات منفی را در رشد و نمو گیاه گندم داشتند. وجود غلظت بالای کادمیوم در خاک منجر به کاهش ٥٤/٩ درصدی در وزن کل بوته و ٤٥ درصدی در ارتفاع بوته و ٤٧٪ محتوای کل پروتئین گیاه را باعث گردید. این کاهش وزن کل برای تیمار نیکل، سرب و کروم به ترتیب ۲۸، ۱۷ و ۱۵ درصد بود ولی تیمار فلز روی تاثیر معنی‌داری روی وزن کل بوته نداشت، هرچند به صورت معنی‌داری غلظت بالای فلز روی در خاک باعث کاهش ۹٪ محتوای کل پروتئین گیاهی و ۱۲ درصدی وزن محتوای کل پروتئین گیاهی گردیده بود. نتایج نشان داد که غلظت‌های نه چندان بالای فلزات سنگین در خاک، از لحاظ کشاورزی می‌توانند باعث کاهش رشد گیاه استراتژیک گندم شده و محصول تولیدی را کاهش دهند، بنابراین لازم است در مورد غلظت‌های مجاز برخی از این فلزات در خاک‌های کشاورزی به ویژه در خاک مزارع مورد استفاده در کشت گندم تجدید نظر شود.

کلمات کلیدی: فلزات سنگین، جذب فلزات سنگین، تثبیت نیتروژن، سمیت گیاهی، گندم

مقدمه

Introduction

انواع مختلفی از تنش‌های زیستی و غیرزیستی ممکن است باعث کاهش شدید در رشد و نمو و کاهش محصول گیاهان مختلف گردد. این کاهش محصول یا عملکرد بخصوص اگر در گیاهان استراتژیک و مرتبط با امنیت غذایی یک کشور باشند در آن صورت هر درصد از کاهش آن محصول می‌تواند عواقب اقتصادی و سیاسی زیان باری به همراه داشته باشد. گندم به عنوان غذای اصلی مردم ایران از گذشته از اهمیت خاصی برای مردم، دولتمردان و محققان کشاورزی برخوردار بوده است. عوامل موثر در رشد و نمو این گیاه به علت اهمیت اقتصادی آن همیشه مورد توجه محققان بوده و هزاران گزارش و یا مقاله در این زمینه منتشر شده است. از جمله تنش‌هایی که بسیار مورد توجه محققان بوده، تنش‌های غیر زیستی ناشی از مسمومیت با آلودگی‌های زیست محیطی می‌باشد. این گونه آلودگی‌ها بخصوص در سال‌های اخیر با توسعه صنایع مختلف از طریق هوا یا از طریق آلودگی آب آبیاری به پساب‌های صنعتی یا شهری در حال افزایش هستند.

در بین آلاینده‌های زیست محیطی، آلودگی فلزات سنگین از خطرناک‌ترین و شایع‌ترین انواع آلودگی‌ها محسوب می‌شوند (Vojodi Mehrabani et al., 2019; Sytar & Taran, 2022). استفاده از پساب‌های صنعتی و فاضلاب شهری – به عنوان اصلی‌ترین منابع فلزات سنگین – در زمین‌های کشاورزی به یک روش معمول در ایران و دیگر کشورهای جهان سوم تبدیل شده است که در نتیجه آن، فلزات سمی می‌توانند از خاک به بافت‌های گیاهی منتقل و متمرکز شوند (Maliszewska et al., 1985; Jańczak-Pieniążek et al., 2022). برخی از این فلزات سنگین بطور طبیعی در گیاه وجود دارند لیکن تجمع این فلزات در داخل گیاه در غلظت بالا، علاوه بر اینکه اثرات مخربی روی خود گیاهان دارند، ممکن است برای انسان و حیواناتی که از آنها تغذیه

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

می‌نمایند ایجاد خطر کنند چراکه اگر حجم این فلزات از غلظت‌های معینی در داخل گیاه فراتر رود، آن گیاهان یا محصولات آن‌ها غیر قابل مصرف خواهند شد (Purves, 1985). ورود بیش از حد مجاز فلزات سنگین از طریق غذا به بدن انسان و دام‌ها می‌تواند انواع مختلفی از اختلالات در سیستم گوارشی کبدی و عصبی ایجاد کند (Tahir and Alkheraije, 2023). علاوه بر این، این فلزات بر جمعیت‌های میکروبی داخل (Endophytes) و اطراف گیاه (Rhizosphere) تأثیر منفی می‌گذارند که منجر به اختلال در فرآیندهای اکولوژیکی خاک شده و به پایداری و حاصلخیزی خاک آسیب جدی وارد می‌کنند (Abdu et al., 2017).

اثرات فلزات سنگین بر رشد گیاهان مختلف در طی تحقیقات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (Alengebawy et al., 2021, Ranjbar et al., 2020). بر اساس نتایج بدست آمده، تنش‌های غیرزیستی مانند تنش فلزات سنگین، چه از طریق آلاینده‌های هوا و چه از طریق آلودگی خاک و غیره بر فرآیندهای مرتبط با تولید زیست توده و عملکرد دانه تقریباً در همه محصولات عمده کشت شده در مزرعه تأثیر منفی می‌گذارند (Agarwal et al., 1999). هر یک از فلزات با گیاهان به روش خاصی برهم‌کنش دارند که این تعامل به عوامل متعددی مانند نوع خاک، شرایط رشد و وجود یون‌های دیگر بستگی دارد. هدف از این مطالعه بررسی اثر سمی فلزات سنگین بر روی رشد گیاهان گندم در مرحله جوانه زنی و گیاهچه‌ای بود تا بینشی صحیح از اثرات این نوع آلاینده‌های رایج در رشد گندم بعنوان اصلی‌ترین منبع غذایی مردم ایران بدست آید.

مواد و روش‌ها

Materials and Methods

خاکی که برای این آزمایش استفاده گردید، خاک رُسی شنی بوده که از یکی از مراتع بکر دامنه سهند (منطقه اِسپَراخون) تهیه شده که هیچ ورودی خارجی فلزات یا عملیات کشاورزی دریافت نکرده بود. برخی از خواص فیزیکوشیمیایی و غلظت اولیه فلزات سنگین خاک در جدول یک آورده شده است.

در ابتدا خاک آلک (<۲ میلی‌متر) و همگن شد. سپس فلزات سنگین مورد آزمایش به صورت محلول نمک‌های کلرید آنها ($CdCl_2$, $PbCl_2$, $CrCl_2$, $NiCl_2$ & $ZnCl_2$) اضافه گردید (Aliu et al., 2013). مقادیر فلزات سنگین اضافه شده، معادل حداکثر غلظت قابل قبول از نظر استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست کشور بود که در جدول شماره یک آورده شده است. اضافه کردن فلزات سنگین دو هفته قبل از کاشت انجام گردید. بذر گندم رقم پیشگام (بعنوان رقم آبی) و رقم آذر۲ (بعنوان رقم دیم) از موسسه تحقیقات دیم کشور- واحد مراغه تهیه گردید. این دو رقم جزء ارقام پرمصرف و شایع برای کشت در منطقه شمال غرب ایران گزارش شده‌اند. هر رقم در ٦٠ گلدان ١٠ سانتی‌متری (هر گلدان پنج بذر) در شرایط گلخانه‌ای (٦٠٪ رطوبت، ٨:١٦ ساعت نور-تاریکی و دمای ٢٨ درجه سانتی‌گراد) در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی کشت گردید. قبل از کشت، بذور با کلرواکس ٣٪ ضدعفونی سطحی شده و برای تسهیل جوانه‌زنی ٢٤ ساعت در آب استریل خیسانده شدند. از ٦٠ گلدان مربوط به هر رقم گندم، ١٠ گلدان به‌عنوان شاهد و ٥٠ گلدان به‌عنوان تیمار بود که در آن‌ها از خاک آلوده‌سازی شده با فلزات سنگین (هر ١٠ گلدان با یک نوع فلز سنگین) استفاده گردید.

گلدان‌ها هر سه روز یکبار آبیاری گردیده و برای دریافت یکنواخت نور، گه‌گاه جای آن‌ها روی سکو جابجا گردید. پس از ٣٠ روز، بعد از محاسبه درصد جوانه‌زنی بذر، کلیه بوته‌های گندم بصورت یک پارچه (ریشه بعلاوه ساقه) از خاک بیرون آورده شده و با آب مقطر شسته شدند. در کل ١١ صفت؛ وزن کل بوته، درصد جوانی‌زنی، وزن تَر ساقه، وزن خشک ساقه، وزن تَر ریشه، وزن خشک ریشه، طول ریشه، طول ساقه، محتوای پروتئین کل بوته، محتوای پروتئین ساقه و محتوای پروتئین ریشه‌ها، اندازه‌گیری گردید. برای بدست آوردن وزن خشک قسمت‌های مختلف گیاه، بافت‌های گیاه پس از جمع‌آوری و اندازه‌گیری وزن تَر در داخل آون در دمای ٨٠ درجه سانتی‌گراد به مدت ٢٤

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

ساعت قرار داده شدند. برای اندازه‌گیری کمّی غلظت پروتئین‌های محلول داخل گیاه از روش برادفورد (Bradford, 1976) استفاده گردید. برای اینکار ابتدا قسمت‌های مختلف گیاه با آزت مایع پودر گردید، سپس پودر حاصل در محلول آستون سرد (حاوی مرکاپتوتانول و تری کلرواستیک ۱۰٪) حل شده و به مدت ٦ ساعت در منفی ۲۰ درجه سانتی‌گراد انکوبه گردید. پس از سانتریفوژ با سرعت 12000g به مدت ۳۰ دقیقه رسوب حاصل مجدد در محلول استون سرد حل شده و چندین بار این کار انجام گردید تا مایع رویی شفاف گردد در پایان رسوب حاصل در محلول ۹ مولار اوره بصورت سوسپانسیون درآمده و در یخچال نگهداری شد. کلیه مراحل استخراج پروتئین از اندام‌های گیاهی در دمای ٤ درجه سانتی‌گراد انجام گردید و بلافاصله میزان جذب نور محلول با استفاده از اسپکتروفتومتر (مدل Unico-S2150) و در طول موج ۵۹۵ نانومتر انجام گردید. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS ver.27 انجام شد و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای محاسبه و نمودارها در نرم افزار Excel رسم گردید.

جدول ۱- خواص فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده در این تحقیق

Table 1. Physicochemical properties of selected soil for this study

Measured indicators	Results
Type of soil texture	Sandy clay
pH	7.7
EC	0.7
Water holding capacity (W.H.C)	40.6
Soil organic matter	6.2%
Available nitrogen	170
Lead	2.9 (50-75)*
Nickel	9.6 (50-100)**
Chromium	N.D (110)***
Cadmium	N.D (1-5)
Zinc	30 (200-500)

*اعداد غلظت فلزات به میکروگرم بر کیلوگرم خاک هستند. **اعداد داخل پارانتز حداکثر مقدار قابل قبول هر فلز سنگین در خاک‌های کشاورزی (اسیدی – غیراسیدی) می‌باشد که توسط سازمان حفاظت محیط زیست ایران منتشر شده است. ***N.D (شناسایی نگردید=Not detected)

نتایج و بحث

Results and Discussion

سمیت چند فلز سنگین منتخب بر رشد گندم در طی ۳۰ روز در شرایط گلخانه‌ای بررسی گردید. از لحاظ مورفولوژیکی بین تیمار شاهد (بدون فلزات سنگین) و تیمارهای فلزی تفاوت آشکاری از نظر ظاهری مشاهده نشد. هرچند برگ تیمارها کوچکتر از شاهد بودند (شکل ۱). بررسی داده‌ها نشان داد که فلزات سنگین هرچند روی درصد جوانی‌زنی بذور گندم (هر دو رقم) تاثیر قابل ملاحظه‌ای نداشتند ولی وجود این فلزات در خاک، برای رشد گیاهان گندم محدود کننده بود، به‌طوری که حتی در غلظت‌های قابل قبول از نظر سازمان محیط زیست، اثر منفی و بازدارنده در پارامترهای رشدی گیاه گندم مشاهده شد. این علائم در تیمارهای حاوی کادمیوم از تمام فلزات سنگین آشکارتر بود (شکل ۲، ۳ و ٤). کاهش فاکتورهای رشدی گیاهان گندم در نتیجه تیمار با فلزات سنگین به ترتیب با نیکل، سرب و کروم نیز مشاهده شد. در مورد فلز روی نیز فقط در برخی از فاکتورهای اندازه‌گیری شده اختلاف معنی‌داری بین گیاهان تیمار شده و کنترل مشاهده گردید. در کل اثر فیتوتوکسیک فلزات سنگین روی گیاه گندم به ترتیب مقابل بود: Cd > Ni > Pb > Cr > Zn

براساس نتایج بدست آمده وجود غلظت بالای کادمیوم در خاک (۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک–حداکثر میزان قابل قبول در خاک‌های کشاورزی از نظر سازمان حفاظت محیط زیست ایران) بر هر دو رقم گندم مورد آزمایش اثر یکسان داشت و به طور میانگین باعث کاهش ۵۵/۹ درصدی در وزن کل بوته‌های گندم گردید که البته این کاهش در رقم پیشگام اندکی بالاتر از کاهش وزن کل در رقم آذر۲ بود ولی این اختلاف معنی‌دار ثبت نگردید. اثر منفی غلظت بالای کادمیوم در ریشه‌ها – در هر دو رقم – ۱۰درصد بیشتر از ساقه‌ها ثبت گردید. این کاهش هم در وزن تر ساقه و هم در وزن خشک ساقه مشابه اندازه‌گیری گردید. از لحاظ رشد ظاهری بطور متوسط هر دو رقم در ارتفاع بوته ها ٤۵٪ و در طول ریشه ها ٤۰٪ دچار کاهش گردیدند. از لحاظ محتوای کل پروتئین، کادمیوم در بالاترین غلظت قابل قبول از نظر سازمان حفاظت محیط زیست در خاک بطور متوسط ٤۷٪ باعث

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

کاهش پروتئین گردید که این کاهش در ریشه‌ها ۸٪ بیشتر از ساقه‌ها ثبت گردید.

در مورد سه فلز سنگین دیگر (نیکل، سرب و کروم) حجم کاهش فاکتورهای رشدی کمتر از کادمیوم بود؛ هرچند بطور معنی‌داری نسبت به شاهد (بدون فلز سنگین) در اکثر فاکتورهای رشدی کاهش مشاهده گردید. تیمار نیکل (Ni) در غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک های کشاورزی از نظر سازمان حفظ محیط زیست ایران)، باعث کاهش ۲۸٪ وزن کل بوته و ۲۲ درصدی طول ریشه و ۲۵ درصدی محتوای پروتئینی کل بوته گردید. بین دو رقم مورد آزمایش تفاوت معنی‌داری در اکثر فاکتورهای اندازه‌گیری شده مشاهده نگردید. در مورد فلز سرب (Pb) – غلظت ۷۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک (حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک‌های کشاورزی از نظر سازمان حفظ محیط زیست ایران) – بطور متوسط باعث ۱۷٪ کاهش وزن کل بوته و ۲۰ درصد طول ریشه و ۸ درصدی محتوای پروتئینی کل بوته گردید. برخلاف دو فلز قبلی، در مورد فلز سرب، واکنش دو رقم گندم بصورت معنی‌دار متفاوت بود و در رقم پیشگام بطور میانگین ۲۰ درصد در اکثر فاکتورهای اندازه‌گیری شده، کاهش ناشی از اثر فلز سرب بیشتر ثبت گردید. در مورد فلز کروم (Cr) تیمار ۱۱۰ گرم بر کیلوگرم خاک (حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک‌های کشاورزی از نظر سازمان حفظ محیط زیست ایران) باعث کاهش ۱۵ درصدی در وزن کل بوته، ۱۸٪ طول ریشه و ساقه و ۵ درصدی محتوای پروتئینی کل بوته گردید. این کاهش در هر دو رقم یکسان ثبت گردید. در مورد فلز روی (Zn) وجود غلظت بالای آن در خاک (۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک –حداکثر غلظت قابل قبول نیکل در خاک‌های کشاورزی از نظر سازمان حفظ محیط زیست ایران) ظاهرا در وزن کل بوته و یا طول یا وزن ساقه و ریشه اثر معنی‌داری نداشت ولی باعث ۹٪ کاهش در محتوای کل پروتئین گیاه گردید که این کاهش در مورد محتوای پروتئن ریشه‌ها کمی بیشتر در حدود ۱۲ درصد بود.

شکل ۱– مقایسه ظاهری برگ‌های گیاه گندم رقم پیشگام تیمار شده با پنج فلز سنگین در شرایط گلخانه‌ای پس از ۳۰ روز

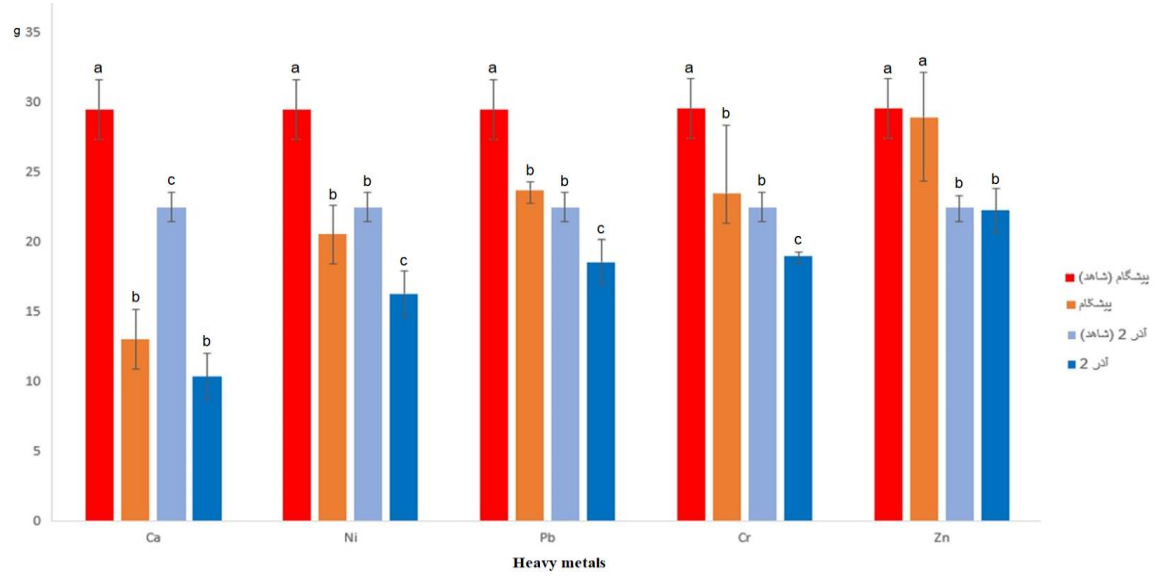
Fig 1. Comparison of the morphological characteristics of Pishgam cultivar leaves subjected to five heavy metals under controlled greenhouse conditions for a duration of 30 days.

در طی تحقیقات متعدد قبلاً ثابت شده است که آلودگی خاک و آب به فلزات سنگین منجر به جذب و انباشت این مواد در داخل گیاهان شده و تغذیه و مصرف این گیاهان می‌تواند برای انسان و دام‌ها مخاطره آمیز باشد (Gandomi et al., 2021; Lorestani et al., 2014). تحقیق حاضر به منظور بررسی مقایسه‌ای تاثیر آلودگی خاک با فلزات سنگین در رشد و نمو گیاه گندم بعنوان اصلی‌ترین گیاه استراتژیک ایران انجام گردید. گندم پرمصرف‌ترین گیاه زراعی ایران و بسیاری از کشورهای دنیاست که هر یک درصد کاهش در تولید آن می‌تواند هزینه‌های اقتصادی و سیاسی بزرگی برای کشور به بار آورد (Hashemi Nejad et al., 2020). این تحقیق اولین بررسی از این نوع در شرایط کاملاً کنترل شده گلخانه‌ای و در خاک‌های با آلوده‌سازی مصنوعی در شمال غرب ایران و روی ارقام پرمحصول ایرانی می‌باشد. داده‌های این تحقیق نشان داد که بر خلاف تصورات رایج، فلزات سنگین حتی در مقادیر نسبتا قابل قبول هم باعث کاهش رشد گیاه گندم می‌گردند.

در تحقیقات متعددی سمیت فلزات سنگین و اثرات نامطلوب آنها بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی گزارش شده است (Woolhouse, 1983). فلزات سنگین به طرق مختلف با اختلال در فیزیولوژی اندامک‌های داخل سلولی و نیز در جذب و انتقال مواد مغذی مورد نیاز گیاهان در داخل آوندها و سلول‌های گیاهی باعث اثرات منفی در رشد آنها می‌گردند (Ciamporova and

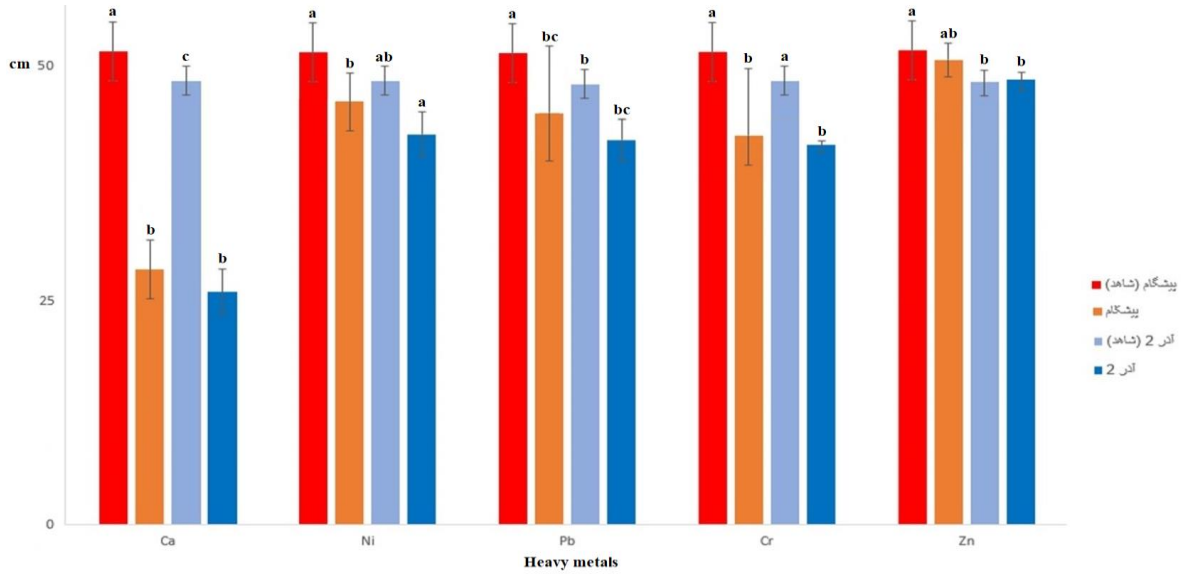
[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

(Mistrik, 1993). تمایلات شیمیایی نسبتاً قوی یون‌های فلزات سنگین برای الحاق به زنجیره جانبی پروتئین‌های مختلف نشان می‌دهد که آنزیم و سایر پروتئین‌های عملکردی یکی از اهداف اولیه سمیت این فلزات هستند (Hampp et al., 1976). بعضاً این سمیت و اثر منفی محدود بدون آثار ظاهری گزارش شده است (Cieslinski et al., 1996) همانطور که در تحقیق حاضر نیز ثبت گردید این تاثیرات منفی ممکن است در صفات ظاهری چندان مشاهده نگردد لیکن در کمیت و کیفیت پروتئین‌ها یا سایر مواد آلی گیاهان اثرات کاهنده و مخرب داشته باشند.



شکل ۲- اثر غلظت بالای پنج فلز سنگین روی وزن کل بوته‌های گندم سی روز پس از شروع آزمایش در دو رقم پیشگام و آذر۲ (اعداد به گرم هستند)

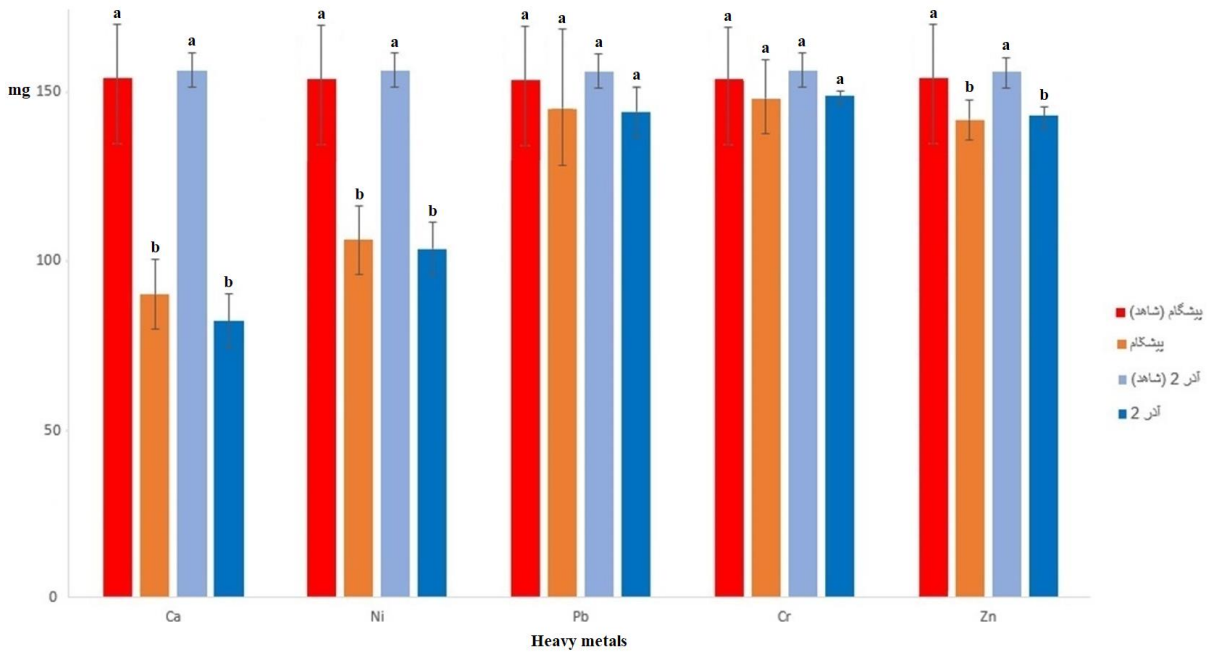
Fig 2: The effect of high concentrations of five heavy metals on the total weight of wheat plants thirty days after the start of the experiment in Pishgam and Azar2 cultivars (Numbers are in grams)



شکل ۳- اثر غلظت بالای پنج فلز سنگین روی طول ساقه‌ی بوته‌های گندم سی روز پس از شروع آزمایش در دو رقم پیشگام و آذر۲ (اعداد به سانتی متر هستند)

Fig 3. The effect of high concentrations of five heavy metals on the stem length of wheat plants thirty days after the initiation of the experiment in Pishgam and Azar2 cultivars (values are in centimeters)

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]



شکل ٤- اثر غلظت بالای پنج فلز سنگین روی میزان پروتئین محلول بافت‌های بوته‌های گندم سی روز پس از شروع آزمایش در دو رقم پیشگام و آذر۲ (اعداد به میلی‌گرم بر گرم وزن تر بوته‌ها)

Fig 4. The influence of elevated levels of five heavy metals on the soluble protein content in the wheat plant tissues at 30 days post-treatment in Pishgam and Azar2 cultivars (values in mg/g of fresh weight)

در بین فلزات آزمایش شده، کادمیوم بیشترین اثر منفی و فلز روی کمترین اثر منفی را در رشد گیاه گندم داشت. فلز کادمیوم یکی از نگرانی‌های ویژه برای سلامت انسان است زیرا این فلز به راحتی در بسیاری از غلات و سبزیجات (برگی و ریشه) و همچنین میوه‌ها متمرکز شده و می‌تواند منجر به مسمومیت غیرمنتظره انسان در هنگام مصرف شود (Cieslinski et al., 1996; Jarup et al., 1998; Wagner, 1993).

بر اساس تحقیقات متعدد مشخص گردیده است که منشا عمده‌ی انتشار و انباشت فلز کادمیوم در خاک، استفاده مستمر و طولانی مدت از کودهای شیمیایی و آلودگی‌های ترافیکی می‌باشد. لذا احتمال می‌رود میزان فلز کادمیوم در خاک‌های زراعی اطراف شهرها و حاشیه جاده‌ها از انباشتگی بیشتر و روزافزونی برخوردار باشد (Ghasemzade et al., 2021; Lolerstani, & Hazavehi, 2014). همچنین تحقیقات نشان داده است که اثرات منفی کادمیوم بر روی اندام‌های زیرزمینی داخل خاک بیشتر از اندام‌های هوایی می‌باشد (Shafi et al., 2010) که با داده‌های این تحقیق مطابقت دارد. طی تحقیق حاضر مشخص گردید کادمیوم مثل اکثر فلزات سنگین منتخب بر روی ریشه‌ها بیشتر از ساقه‌ها اثر منفی ایجاد می‌کند. در خارج از ایران قبلا سمیت فلز کادمیوم برای بسیاری از گیاهان از جمله گندم مورد آزمایش قرار گرفته است (Kastori et al., 2019; Bangar & Khan, 2014) ولی میزان سمیت آن بر روی گندم در خاک‌های ایران تاکنون کمتر مورد آزمایش قرار گرفته بود و این اولین تحقیق در این زمینه در استان آذربایجان شرقی می‌باشد. طبق این تحقیق بازنگری در مورد استانداردهای قابل قبول برای کادمیوم بخصوص در خاک‌های منتخب برای کشت دیم یا آبی گندم ضروری به نظر می‌رسد. قبلا نیز Albering و همکاران (۱۹۹۹) نشان دادند که استاندارد قانونی برای کادمیوم که توسط سازمان‌های محیط زیستی تأیید شده است در غلاتی که در خاک آلوده به فلزات سنگین رشد می‌کنند مناسب نبوده و ممکن است این استانداردها برخلاف سایر گیاهان زراعی و باغی باعث آسیب به صنعت تولید غلات و انباشت این مواد در آرد تولیدی گردد.

در مورد فلز نیکل و سرب نیز سمیت کمتری از کادمیوم ولی قابل توجه بر روی گیاه گندم مشاهده گردید. هر دو فلز در فرم کلرید

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]
[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

یا دیگر حالتهای یونی بصورت انبوه توسط آلودگی‌های مختلف صنعتی از طریق آب آبیاری و حتی هوا وارد خاک می‌گردند (Sytar & Taran, 2022). قبلاً ثابت شده است که نیکل تا ٤٠ درصد روی گیاهان مختلف از جمله گیاه جعفری و سرب به میزان ۵۰ درصد بر روی گیاهان مختلف باعث کاهش محصول می‌گردد (Khatib et al., 2008). لیکن روی گندم در ایران تاکنون گزارشی منتشر نشده است. در مورد این دو فلز سنگین و سایر فلزات سنگین میزان سمیت علاوه بر غلظت با میزان اسیدیته خاک (Babich & Stotzky, 1977) نیز مرتبط می‌باشد و در خاکهای اسیدی سمیت بیشتری روی گیاهان دارند، بر همین اساس حداکثر غلظت مورد قبول برای فلزات سنگین در خاک‌های اسیدی به مراتب کمتر از خاک های معمولی یا قلیایی می باشد. در تحقیق حاضر علی‌رغم اینکه خاک نسبتا قلیایی بود باز غلظت مورد قبول سازمان حفاظت محیط زیست ایران باعث کاهش محصول گندم گردید.

در تحقیق حاضر، روی و تا حدی کروم آثار سمیت کمتری روی گندم از خود نشان دادند. اصولا فلز روی (Zn) در برنامه تغذیه‌ای و کوددهی بسیاری از گیاهان زراعی وجود داشته و در ترکیب بسیاری از کودهای مرکب و آلی وجود دارد لذا سمیت آن برای گیاهان کمتر مورد توجه کشاورزان می‌باشد (Gu et al., 2022). بر اساس استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست ایران که بر گرفته از استانداردهای جهانی است مقدار ۲۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم روی در خاک‌های اسیدی و مقدار ۵۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک در خاک‌های غیر اسیدی قابل تحمل بوده و در مقادیر بالاتر خاک آلوده و غیر استاندارد محسوب می‌گردد. در این تحقیق مشخص گردید که مقادیر بالای روی هرچند ممکن است از لحاظ ظاهری روی رشد و نمو طولی و وزنی گیاه گندم تاثیر معنی‌داری ایجاد نکند ولی روی میزان پروتئین‌های محلول گندم بصورت معنی‌دار اثر داشته که به الطبع بر کیفیت غذایی گندم اثر کاهنده دارد. لذا استفاده از کودهای حاوی روی بایستی با احتیاط بیشتری صورت گیرد.

منابع

References

Abdu, N., Abdullahi, A. A., & Abdulkadir, A. (2017). Heavy metals and soil microbes. Environmental chemistry letters, 15, 65-84.

Agarwal, S. K., Agarwal, M. & Grover, A. (1999). Emerging trend in agricultural biotechnology research; use of abiotic stress induced promoter to drive expression of a stress resistance gene in the transgenic system leads to high level stress tolerance associated with minimal negative effects on growth. Current Science, 77, 1577-1579.

Albering, H. J., Van Leusen, S. M., Moonen, E. J., Hoogewerff, J. A. & Kleinjans, J. C. (1999). Human health risk assessment: A case study involving heavy metal soil contamination after the flooding of the river Meuse during the winter of 1993-1994. Environmental Health Perspective, 107, 37-43.

Alengebawy, A., Abdelkhalek, S. T., Qureshi, S. R., & Wang, M. Q. (2021). Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications. Toxics, 9(3), 42.

Aliu, S., Gashi, B., Rusinovci, I., Fetahu, S., & Vataj, R. (2013). Effects of some heavy metals in some morpho-physiological parameters in maize seedlings. American Journal of Biochemistry & Biotechnology, 9(1), 27.

Babich, H., & Stotzky, G. (1977). Sensitivity of various bacteria, including actinomycetes and fungi to cadmium and the influence of pH on sensitivity. Applied Environmental Microbiology. 33, 681-695.

https://doi.org/10.1128/aem.33.3.681-695.1977

Baccouch, S., Chaovi, A., & El Ferjani, E. (1998). Nickel toxicity: effects on growth and metabolism of maize. Journal of Plant Nutrition, 21, 577-588.

Bangar, K.S., & Khan, N. (2014). Effect of Lead and FYM on Growth and yield of wheat grown in black clay soils. Annals of Plant and Soil Research, 16(2), 111-116

Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical biochemistry, 72, 248-254.

Ciamporova, M. and Mistrik, I. (1993). The ultra-structural response of root cells to stressful conditions. Environmental Experiment Bolten, 33, 11-26.

Cieslinski, G., Van Rees, K. C. J., Huang, P. M., Kozak, L. M., Rostad, H. P. W., & Knott, D. R. (1996). Cadmium uptake and bioaccumulation in selected cultivars of durum wheat and flax as affected by soil type. Plant & Soil, 182, 115-124.

Gandomi, M., Behbahaninia A., & Farahani, M. (2021). The relationship between the concentration of heavy metals (lead and cadmium) in soil and seeds of wheat and risk assessment

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]

of consumption of wheat. Journal of Environmental Science and Technology, 22(11), 217-229. (In Persian).

Ghasemzade, A., Karimi, A., Ziyaee, A., & Fotovat, A. (2021). Pollution Assessment and Source of Selected Heavy Metals in Agricultural Soils, Southern Sabzevar, Northeastern Iran. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 11(1), 1-26. (In Persian).

Gu, X., Wen, X., Yi, N., Liu, Y., Wu, J., Li, H., & Liu, G. (2022). Effect of foliar application of silicon, selenium and zinc on heavy metal accumulation in wheat grains in field studies. Environmental Pollutants and Bioavailability, 34, 246 - 252.

Hampp, R., Beulich, K. & Ziegler, H. (1976). Effects of zinc and cadmium on photosynthetic CO2 fixation and hill activity of isolated spinach chloroplasts. Zeitschrift für Pflanzenphysiologie, 77, 336-344.

Hashemi Nejad, A., Abdeshahi, A., Ghanian, M., & Khosravipour, B. (2020). Analyzing Factors Affecting Wheat Production Risk in Iran. Journal of Agricultural Economics and Development, 33(4), 329-338. (In Persian).

Jańczak-Pieniążek, M., Cichoński, J., Michalik, P., & Chrzanowski, G. (2022). Effect of Heavy Metal Stress on Phenolic Compounds Accumulation in Winter Wheat Plants. Molecules, 28 (1), 241.

Jarup, L., Berglund, M., Elinder, C. G., Nordberg, G. & Vahter, M. (1998). Health effects of cadmium exposure - A review of the literature and a risk estimate. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 24(1), 1-51.

Kastori, R., Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Momčilović, V., & Rajić, M. (2019). Effect of cadmium on germination and growth of wheat. Zbornik Matice srpske za prirodne nauke. 136, 57-64.

Khatib, M., Rashed Mohasel, M., Ganjeali, A., & Lahouti, M. (2008). The effects of different nickel concentrations on some morpho-physiological characteristics of parsley (Petroselinum crispum). Iranian Journal of Field Crops Research, 6(2), 295-302. (In Persian).

Lolerstani, B., & Sadat Hazavehi, Z. (2014). Heavy metals contamination in wheat (irrigated and rainfed) in the farms of Hamadan. Journal of Environmental Sciences and Technology, 16 (4), 205-218. (In Persian). https://sanad.iau.ir/Journal/jest/Article/839813

Maliszewska, W., Dec, S., Wierzbicka, H. & Wozniakowska, A. (1985). The influence of various heavy metal compounds on the development and activity of soil microorganisms. Environmental Pollution, 37, 195-215.

Purves, D. (1985). Trace Element Contamination of the Environment, Elsevier Science Publisher, Amsterdam, The Netherlands.

Ranjbar, G., Najafpoor, A. A., & Dehghan, A. A. (2020). Survey of heavy metals concentration (Pb,Cd,As,Hg) in vegetables of riverbank farmlands of Mashhad Kashafrood river-2018. Journal of Research in Environmental Health, 6(2), 107-116.

Shafi, M., Bakht, J., Hassan, M. J., Raziuddin M., & Zhang, G. (2009). Effect of Cadmium and Salinity Stresses on Growth and Antioxidant Enzyme Activities of Wheat (Triticum aestivum L.). Bulletin of Environmental Toxicology, 82, 2747-2754.

Sytar, O., & Taran, N. (2022). Effect of heavy metals on soil and crop pollution in Ukraine - a review. Journal of Central European Agriculture, 23(4), 881-887.

https://doi.org/10.5513/JCEA01/23.4.3603

Tahir, I., & Alkheraije, K. A. (2023). A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle. Frontiers in veterinary science, 10, 1149720.

Vojodi Mehrabani, L., Valizadeh- Kamran, R., Mirzaiee, H. (2019). The impact of Zn and Cd heavy metals on the growth and some physiological characteristics of spinach. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 8 (2) :143-153. http://dorl.net/dor/20.1001.1.25885073.1398.8.2.2.0

Wagner, G. J. (1993). Accumulation of cadmium in crop plants and its consequences to human health. Advanced Agronomy, 51, 173-212. http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60593-3

Woolhouse, H. M. (1983). Toxicity and Tolerance in the Responses of Plants to Metals', in O. L.Lange, P. S. Nobel, C. B. Osmond and H. Ziegler (eds), Encyclopaedia of Plant Physiology,Springer Verlag, Berlin, pp. 245-262.

[Downloaded from gebsj.ir on 2026-06-01]

[DOI: 10.61882/gebsj.13.1.6]