

ارزیابی شاخص‌های جوانه زنی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحت تنش شوری و کادمیم

مریم طاهرپور^{۱*}

۱- کارشناسی ارشد گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه آزاد اسلامی اهواز

تیمور بابایی نژاد^۲

۲- استادیار گروه مهندسی علوم خاک دانشگاه آزاد اسلامی اهواز

چکیده

به منظور بررسی غلظت‌های مختلف شوری بر جذب کادمیوم توسط گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحقیقی در آزمایشگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز سال زراعی ۹۵-۹۴ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور شوری و مقادیر مختلف کادمیوم انجام گردید. در این تحقیق تیمارها شامل دو عامل شوری در چهار سطح شامل شاهد، ۲، ۴ و ۶ دسی‌زیمنس بر متر و مقادیر مختلف کادمیوم با چهار غلظت شامل شاهد، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بودند. برای تأمین سطوح مختلف شوری و کادمیوم در آزمایش به ترتیب از کلرید سدیم و کلرید کادمیوم استفاده شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که همه صفات مورد مطالعه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف شوری، مقادیر مختلف کادمیوم و برهمکنش تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که با افزایش در میزان شوری و کادمیوم سبب کاهش در تعداد بذور جوانه‌زده، درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی شد. با توجه به اینکه شاهی گیاهی با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالا می‌باشد، می‌توان از این گیاه به عنوان گیاهی بیش اندوز برای پالایش خاک‌های آلوده به کادمیم استفاده کرد.

واژگان کلیدی: گیاه شاهی، کلرید سدیم، درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی، پالایش خاک

مقدمه

مناطق وسیعی از ایران از نظر اقلیمی جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند و یکی از مشکلات عمده این مناطق شوری آب و خاک است و شوری عامل محدودیت کننده رشد و نمو گیاهان است. به طور کلی، شوری بر همه فرآیندهای اصلی مانند رشد، فتوسنتز، سنتز پروتئین، لیپید در تمام مراحل رشد گیاه از جوانه زنی تا تولید بذر اثر می‌گذارد (Anderson et al, 2022). تنش شوری از تنش‌های مهم غیر زیستی است که فیزیولوژی گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهد و رشد و عملکرد گیاهان را کاهش می‌دهد (Pendias and Pendias, 2001). محققین بیان نمودند که درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی با افزایش شوری کاهش پیدا می‌کند (Rajabi Dehnavi et al, 2020).

در بین آلاینده‌های خاک و محیط زیست فلزات سنگین از مهمترین آلاینده‌ها می‌باشند و از نظر سمیت و پایداری جزء خطرناک‌ترین گروه آلاینده‌ها طبقه‌بندی می‌شوند و تهدید جدی برای امنیت و ایمنی غذایی می‌باشند (Rojas et al, 2016). تجمع مزمن این فلزات سنگین با کاهش کیفیت و همچنین برهم زدن فعالیت‌های ارگانیکسم‌های خاک، اکوسیستم های خاک را به خطر می‌اندازد. امروزه آلودگی فلزات سنگین به طور گسترده‌ای بر روی کره زمین گسترش یافته است و باعث ایجاد آشفته‌گی محیط زیست و خطرات جدی برای سلامتی انسان شده است.

فلزات سنگین به گروهی از فلزات و شبه فلزات با چگالی نسبتاً بالا (>5 گرم بر سانتی‌متر مکعب) همچون کادمیم (Cd)، سرب (Pb)، نیکل (Ni)، آرسنیک (As)، کبالت (Co)، جیوه (Hg)، مس (Cu)، روی (Zn) و کروم (Cr) اشاره دارد که بیشترین اثر سمی را بر روی اکوسیستم می‌گذارند (Oves et al, 2012).

در میان فلزات سنگین برخی از فلزات مانند: کبالت، مس، نیکل، آهن، منگنز، روی، مولیبدن و سلنیوم عناصر ضروری هستند که در مقادیر کم، اما بسیار مهم برای رشد و نمو بهینه گیاه مورد نیاز هستند، و در صورت جذب بیش از حد مورد نیاز گیاه منجر به اثرات سمی می‌شود (Alloway, 2013). در مقابل فلزات غیر ضروری مانند: آلومینیوم، آرسنیک، کادمیم، سرب و جیوه هیچ نقش مفید و عملکرد تغذیه‌ای در گیاهان ندارند و ممکن است به سرعت منجر به سمیت شوند. عناصر ضروری و غیر ضروری به طور مرتب از طریق استفاده بیش از حد مواد شیمیایی زراعی، رسوبات اتمسفری، فاضلاب شهری، پساب‌ها و فعالیت‌های صنعتی به زنجیره غذایی انسان اضافه می‌شوند.

فاکتورهای زیادی بر جذب فلزات تأثیر می‌گذارند که شامل: pH خاک، تهویه خاک، شرایط Eh (به ویژه در محیط‌های آبی)، کوددهی، رقابت بین گونه‌های گیاهی، نوع و اندازه گیاه، سیستم ریشه‌ای، در دسترس بودن عناصر در خاک یا رسوبات برگ، نوع برگ‌ها، رطوبت خاک و تأمین انرژی گیاه به ریشه و برگ‌ها. به دلیل تأثیر عوامل محیطی و نوع خود گیاه، سطوح فلزات سنگین در گیاهان (اعم از زمینی و آبی) بسیار متفاوت است. اگر سایر فاکتورها ثابت باشند، جذب فلزات توسط گونه‌های مختلف گیاهی را می‌توان مقایسه نمود.

Chen et al (2021) بیان کردند که با افزایش غلظت فلز کادمیم در گیاه کاهش زیادی در درصد جوانی زنی مشاهده شد.

Gomes-Filho et al (2008) گزارش دادند که جوان‌هزنی مهمترین مرحله در مقابل تنش‌های محیطی، شوری و فلزات سنگین می‌باشد. کاهش ضعیف رشد ریشه و تأثیر منفی بر رشد گیاهان از عوامل تنش فلزات سنگین بر گیاه است. از آنجا که رشد گیاهان از طریق مراحل فنولوژیک بوده و اکثر گیاهان از نظر تحمل محیطی متفاوت می‌باشند، جوانه زنی تاخیر مستقیمی در طول مراحل رشدی گیاه دارد.

Koyro (2002) بیان کرد که سمیت فلزات سنگین کادمیم باعث آسیب به جوانه زنی بذر گیاهان خواهد شد و میزان شوری خاک باعث افزایش جذب فلزات سنگین توسط سبزیجات شد. به طور کلی مساله سمیت فلزات سنگین بر جوانه زنی و رشد گیاهچه مساله ثابت شده است (Wang et al, 2023).



شاهی (تره تیزک) گیاهی است یکساله ساله، علفی، خودرو و خوراکی از تیره چلیپاییان (چتریان) با نام علمی لپیدیوم ساتیوم که طول بوته آن به ۲۰ تا ۵۰ سانتی متر می رسد و دارای برگ هایی بدون کرک و بدون دندانه که به شکل نپخته و خام به عنوان طعم دهنده به غذا و دم کرده به مصرف تغذیه انسان می رسد. شاهی یا ترک تیزک بومی اروپا و شاید غرب آسیاست و به احتمال زیاد بومی ایران می باشد. سابقه کشت آن به ۲۰۰۰ سال پیش می رسد. این گیاه را در مازندران «تره تیزک» و در سایر مناطق ایران تره تیزک و «شاهی» می نامند.

با توجه به اهمیت گیاه پالایی به منظور کاهش آلودگی های ناشی از شوری و فلزات سنگین این تحقیق با هدف ارزیابی شاخص های جوانه زنی گیاه شاهی (*Lepidium sativum*) تحت تنش شوری و کادمیم انجام شد.

روش تحقیق

این تحقیق در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اهواز در سال سال زراعی ۹۴-۹۵ انجام شد. آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار با دو فاکتور شوری و مقادیر مختلف کادمیم انجام گردید. در این تحقیق تیمارها شامل دو عامل شوری در چهار سطح شامل شاهد، ۲، ۴ و ۶ دسی زیمنس بر متر و مقادیر مختلف کادمیم با چهار غلظت شامل شاهد، ۱۰، ۲۵ و ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم بودند. برای تأمین سطوح مختلف شوری و کادمیم در آزمایش به ترتیب از کلرید سدیم و کلرید کادمیم استفاده شد.

در این آزمایش در مجموع از ۴۸ گلدان استفاده شد. در هر گلدان ۵۰ عدد بذر شاهی قرار داده شد و در هر گلدان با توجه به سطوح فاکتورها نسبت به اعمال تیمارها اقدام گردید. بدین منظور در هر ۱۶ گلدان برای هر تکرار سطوح شوری و کادمیم اعمال شد. همه گلدان ها با حجم یکسان از محلول کادمیم مورد نظر آبیاری شدند. سپس گلدان ها در داخل ژرمیناتور با درجه حرارت ± 21 درجه سانتی گراد و طول دوره روشنایی ۱۲ ساعت قرار داده شدند. ارزیابی جوانه زنی به طور مرتب هر ۲۴ ساعت کنترل گردید و زمانی که تعداد بذور جوانه زده برای دو شمارش متوالی یکسان شده بود به اتمام رسید و این زمان به عنوان پایان جوانه زنی در نظر گرفته شد. معیار بذور جوانه زده خروج ریشه چه به طول حداقل ۲ میلی متر بود. در طول آزمایش در صورت نیاز، در هر گلدان از محلول آماده شده برای سطح آلودگی مربوطه استفاده شد.

صفات مورد مطالعه

در این تحقیق صفات مورد مطالعه شامل تعداد بذور جوانه زده، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی بودند.

روش و نحوه تهیه نمونه برای محاسبه صفات

تعداد بذور جوانه زده

بعد از کاشت بذور شاهی هر روز گلدان ها را مورد بررسی قرار داده و تعداد بذور جوانه زده ثبت گردید و در نهایت تعداد کل بذور جوانه زده محاسبه شد.

درصد جوانه زنی

درصد جوانه زنی با شمارش تعداد گیاهچه های طبیعی در پایان دوره جوانه زنی نسبت به کل بذرها برآورد و بر اساس معادله زیر محاسبه گردید:

تعداد بذورهای جوانه زده

تعداد کل بذرها

درصد جوانه زنی = $\times 100$

(۱)

سرعت جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی با استفاده از اطلاعات مربوط به بذور جوانه زده در طول دوره جوانه‌زنی و با استفاده از معادله زیر محاسبه گردید.

$$\text{سرعت جوانه‌زنی} = \frac{\sum n_i}{\sum d_i} \quad (2)$$

n_i = تعداد بذور جوانه زده

d_i = تعداد روز تا جوانه‌زنی

تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده های آزمایش با نرم افزار MSTATC تجزیه شدند. برای انجام آزمون نرمال بودن داده ها (آزمون کولمو گرواسمیرنوف) روی داده ها صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای رسم هیستوگرام‌ها و منحنی‌های مربوطه از نرم‌افزار EXCLE استفاده شد.

یافته ها

تعداد بذور جوانه‌زده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس تیمار غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر مختلف کادمیوم و برهمکنش آنها بر تعداد روز تا جوانه‌زنی در گیاه شاهی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

در بررسی غلظت‌های مختلف شوری (جدول ۲) مشاهده شد که بالاترین تعداد بذور جوانه زده شده در شاهد (عدم شوری) با تعداد ۴۴/۵ عدد بذر و کمترین در غلظت شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر با ۲۳/۲۵ عدد بذر به دست آمد (شکل ۱). تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر تعداد بذور جوانه زده نشان داد که با افزایش غلظت شوری جوانه‌زنی دیرتر اتفاق می‌افتد و بالعکس با کاهش غلظت شوری تعداد بذور جوانه زده افزایش می‌یابد. نتایج بیانگر آن است که افزایش در میزان شوری باعث کاهش آب قابل دسترس بذور شده که منتج به تأخیر در جوانه‌زنی بذور شاهی می‌شود.

میانگین مصرف مقادیر مختلف کادمیوم (جدول ۳) نشان داد بیشترین تعداد بذور جوانه‌زده با ۳۷ عدد بذر و کمترین تعداد بذور جوانه‌زده در ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم با ۳۱/۵۰ عدد بذر به دست آمد (شکل ۲). از این نتایج چنین برمی‌آید که با بیشتر شدن میزان کادمیوم تعداد بذور کمتری جوانه‌زنی می‌نمایند و هرچه میزان کادمیوم بیشتر گردد تعداد بذور بیشتری جوانه می‌زنند.

مقایسه میانگین تیمار غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر کادمیوم بر روی تعداد بذور جوانه زده (جدول ۴) نشان داد که بیشترین در تیمار شاهد شوری و عدم مصرف کادمیوم با ۴۷ عدد بذر و کمترین در غلظت شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم با ۲۰ عدد بذر به دست آمد (شکل ۳). تأثیر متقابل شوری و کادمیوم بیانگر آن است که با افزایش در هر یک و یا هر دو تیمار، از تعداد بذور جوانه‌زده در گیاه شاهی کاسته خواهد شد. نتایج حاکی از آن است که افزایش در غلظت شوری سبب حلالیت بیشتر کادمیوم شده و با افزایش میزان کادمیوم همزمان با غلظت بالای شوری، حل شدن کادمیوم افزایش یافته و به میزان بیشتری در دسترس بذور قرار خواهد گرفت و منجر به کاهش تعداد بذور جوانه‌زده گردید.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات تعداد بذور جوانه زده، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی

منبع تغییر	درجه آزادی	تعداد بذور جوانه زده	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
شوری	۳	۵۲/۱۵ **	۱۱۲/۱۱ **	۲۳/۸۲ **
کادمیوم	۳	۵۱/۸۴ **	۱۱۰/۴۶ **	۲۱/۶۱ **
اثر متقابل	۹	۵۳/۶۵ **	۱۱۵/۲۵ **	۲۳/۵۹ **
خطا	۳۰	۱۰/۸۳	۲۲/۴۹	۴/۵۵
ضریب تغییرات (CV%)		۹/۶۷	۱۰/۲۸	۹/۸۵

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده مقادیر مختلف غلظت شوری و کادمیوم بر روی صفات تعداد بذور جوانه زده، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی

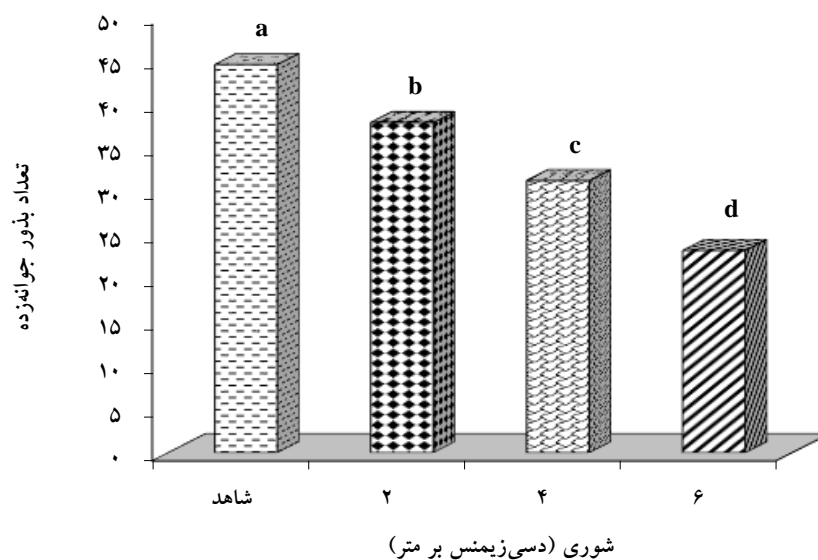
تیمار	تعداد بذور جوانه زده	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
شاهد	۴۴/۵۰	۸۹	۱۰/۸۲
شوری	۳۷/۸۸	۷۵/۷۵	۷/۸۵
(دسی زیمنس بر متر)	۳۱/۲۵	۶۲/۵۰	۵/۷۱
۴	۲۳/۲۵	۴۶/۵۰	۳/۸۲
۵	۳۷	۷۴	۱۱/۶۴
کادمیوم	۳۵/۱۳	۷۰/۲۵	۶/۷۹
(میلی گرم بر کیلوگرم)	۳۳/۲۵	۶۶/۵۰	۵/۳۸
۲۵	۳۱/۵۰	۶۳	۴/۳۹
۵۰			

در هر ستون میانگین تیمارهایی که دارای حروف مشترک هستند در آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی دار نمی‌باشند.

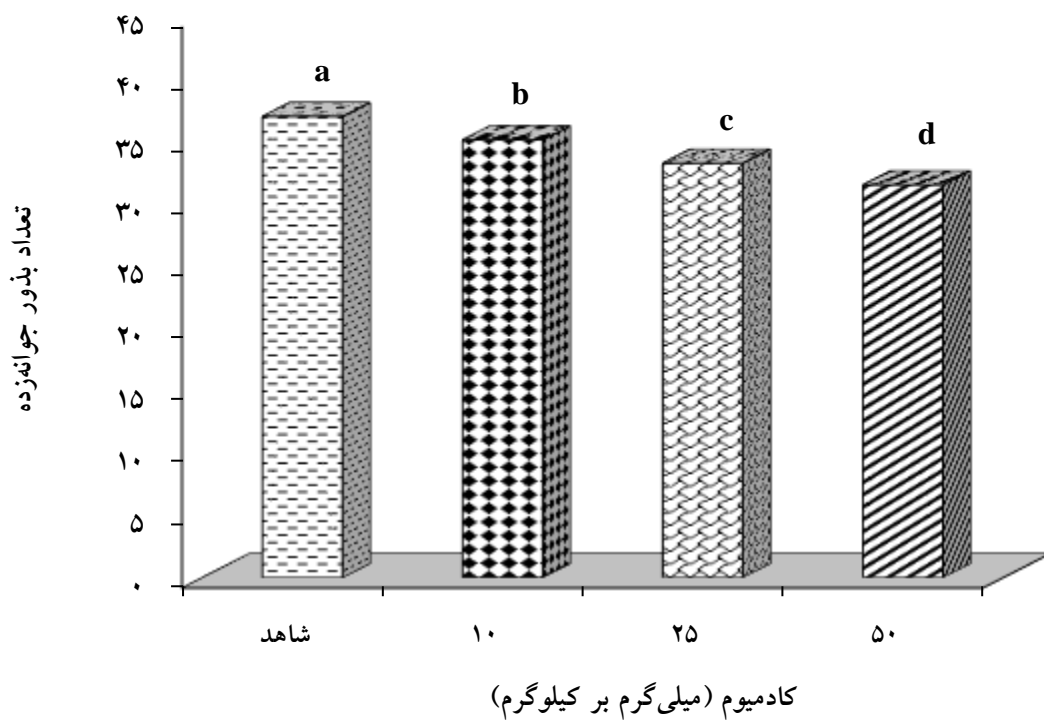
جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات متقابل مقادیر مختلف غلظت شوری و کادمیوم بر روی صفات تعداد بذور جوانه زده، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی

شوری (دسی زیمنس بر متر)	کادمیوم (میلی گرم بر کیلوگرم)	تعداد بذور جوانه زده	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی
شاهد	شاهد	۴۷	۹۴	۱۸/۸۰
۱۰	۱۰	۴۵/۷۰	۹۱	۱۰/۱۱
۲۵	۲۵	۴۳/۵۰	۸۷	۷/۹۱
۵۰	۵۰	۴۲	۸۴	۶/۴۶
شاهد	شاهد	۴۰/۵۰	۸۱	۱۲/۴۶
۱۰	۱۰	۳۸/۶۰	۷۷	۷/۷۰
۲۵	۲۵	۳۷	۷۴	۶/۱۷
۵۰	۵۰	۳۵/۵۰	۷۱	۵/۰۷
شاهد	شاهد	۳۴	۶۸	۹/۰۷
۱۰	۱۰	۳۲	۶۴	۵/۵۷

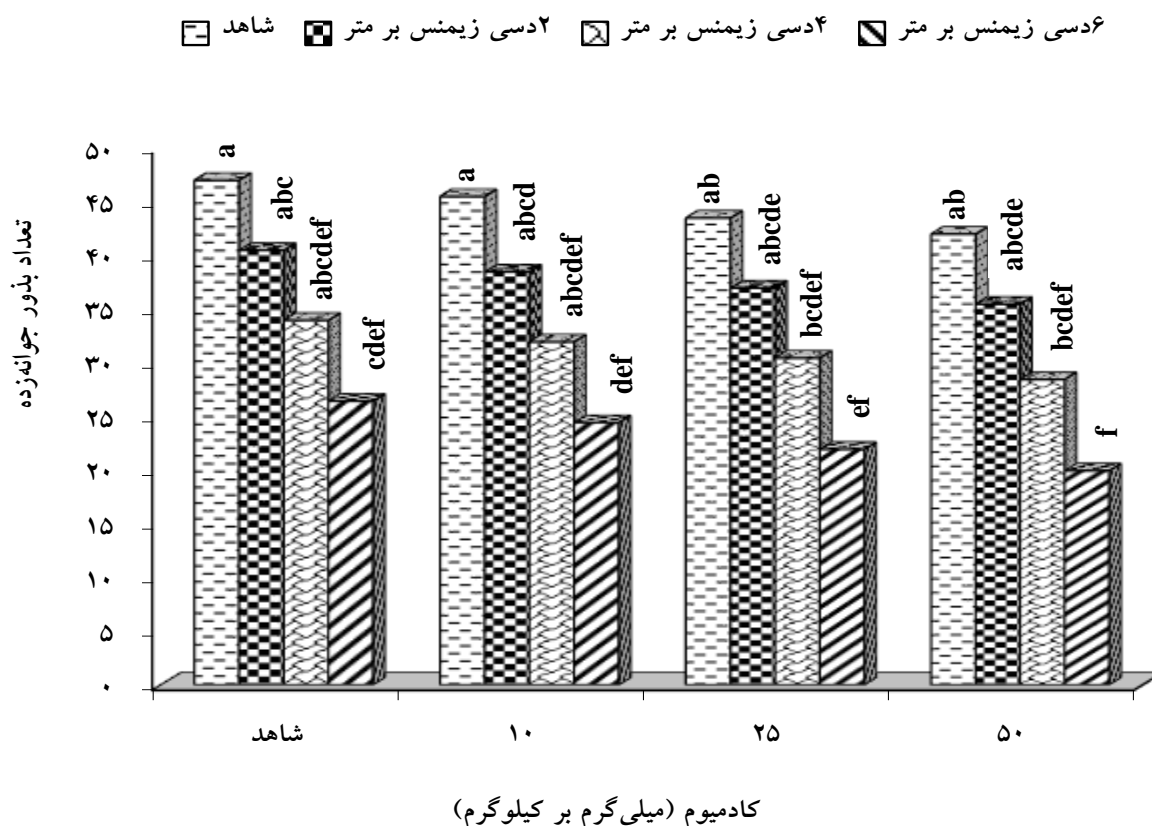
۴/۵۲	def	۶۱	bcdefg	۳۰/۵۰	bcdef	۲۵
۳/۶۸	e	۵۷	cdefg	۲۸/۵۰	bcdef	۵۰
۶/۲۴	cdef	۵۳	defg	۲۶/۵۰	cdef	شاهد
۳/۷۷	ef	۴۹	efg	۲۴/۵۰	def	۱۰
۲/۹۳	ef	۴۴	fg	۲۲	ef	۲۵
۲/۳۵	f	۴۰	g	۲۰	f	۵۰



شکل ۱- تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر روی تعداد بذور جوانه زده گیاه شاهی



شکل ۲- تأثیر مقادیر مختلف کادمیوم بر روی تعداد بذور جوانه زده گیاه شاهی



شکل ۳- تأثیر غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر مختلف کادمیوم بر روی تعداد بذور جوانه زده گیاه شاهی

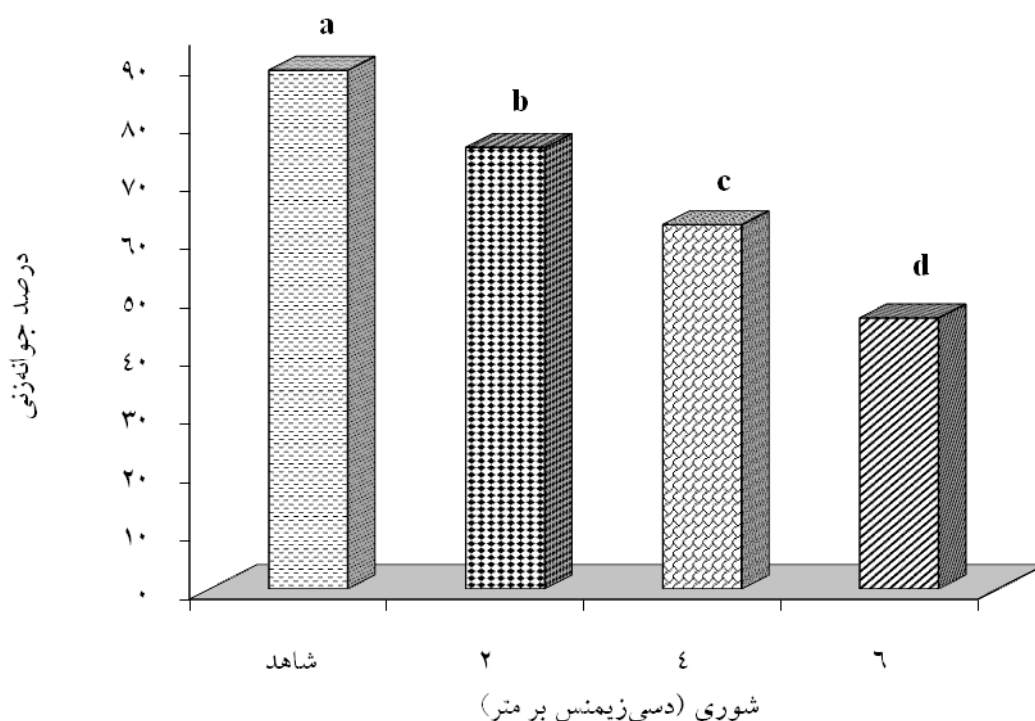
درصد جوانه زنی

تجزیه واریانس (جدول ۱) غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر مختلف کادمیوم بر روی درصد جوانه زنی نشان داد که تیمارها در سطح احتمال ۱ درصد دارای اختلاف معنی دار می‌باشند.

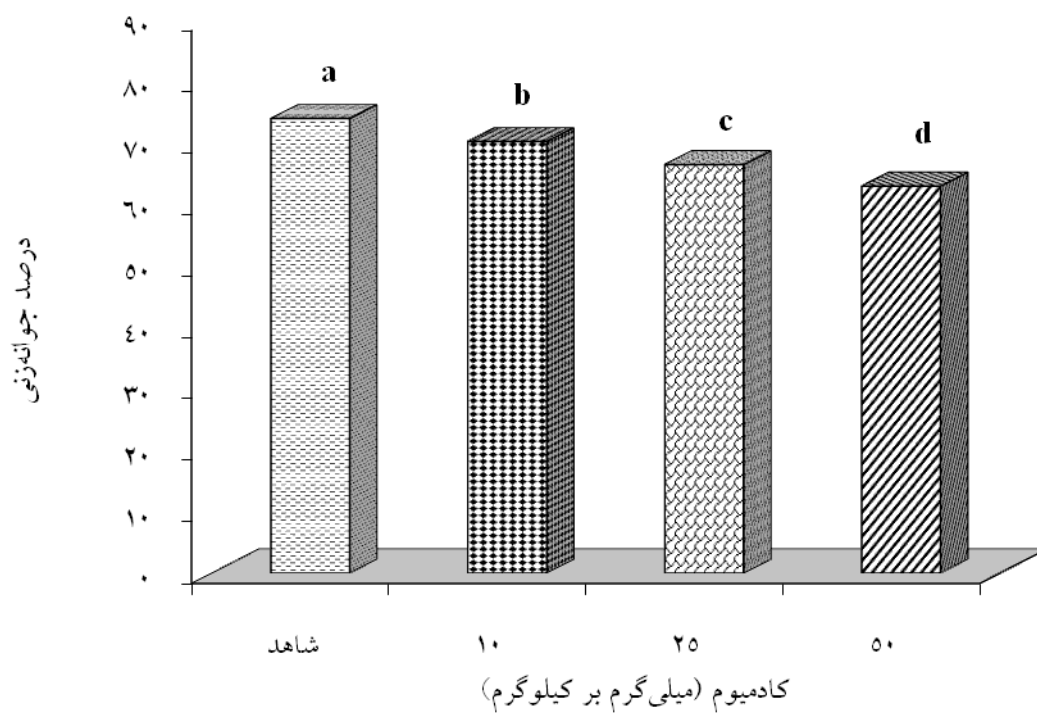
مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف شوری (جدول ۲) نشان داد که بالاترین درصد جوانه زنی در شاهد (عدم شوری) با ۸۹ درصد و کمترین در تیمار شوری ۶ دسی زیمنس بر متر با ۴۶/۵ درصد حاصل شد (شکل ۴). نتایج به دست آمده بیانگر تأثیر منفی بر جوانه زنی و با کاهش درصد جوانه زنی بذور به هنگام افزایش در غلظت شوری بعد به عبارت دیگر با افزایش میزان شوری از ۲ تا ۶ دسی زیمنس بر متر از جوانه زنی بذور کاسته شد. این کاهش در جوانه زنی احتمالاً به دلیل کاهش در آماس بذور گیاه شاهی اتفاق افتاد و این بدان معناست که افزایش میزان شوری سبب کاهش آب قابل دسترس بذور شده و پتانسیل اسمزی را بالاتر می‌برد و بذور توانایی کمتری در جذب آب برای شروع مراحل جوانه زنی خواهند داشت. چرا که با جذب آب توسط بذور آنزیم‌های حل کننده نشاسته شروع به فعالیت نموده و بدین ترتیب بذر مرحله جوانه زنی و ظهور کلئوپتیل را آغاز می‌نماید.

مطالعه مصرف مقادیر مختلف کادمیوم (جدول ۳) نشان داد که بالاترین میزان درصد جوانه زنی با ۷۴ درصد متعلق به تیمار شاهد (عدم مصرف کادمیوم) بود و کمترین درصد جوانه زنی مربوط به تیمار ۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم با ۶۳ درصد مربوط بود (شکل ۵). نتایج حاکی از تأثیر منفی کادمیوم بر درصد جوانه زنی می‌باشد و با افزایش در مقدار کادمیوم از درصد جوانه زنی به طور چشمگیری کاسته شد و هرچه میزان کادمیوم بیشتر شود کاهش در جوانه زنی افزایش بیشتری خواهد داشت. بیشتر شدن مقدار کادمیوم به دلیل ایجاد حالت سمّیت برای بذور از جوانه زنی بذور ممانعت به عمل می‌آورد که منتج به کاهش در جوانه زدن بذور گیاه شاهی می‌گردد.

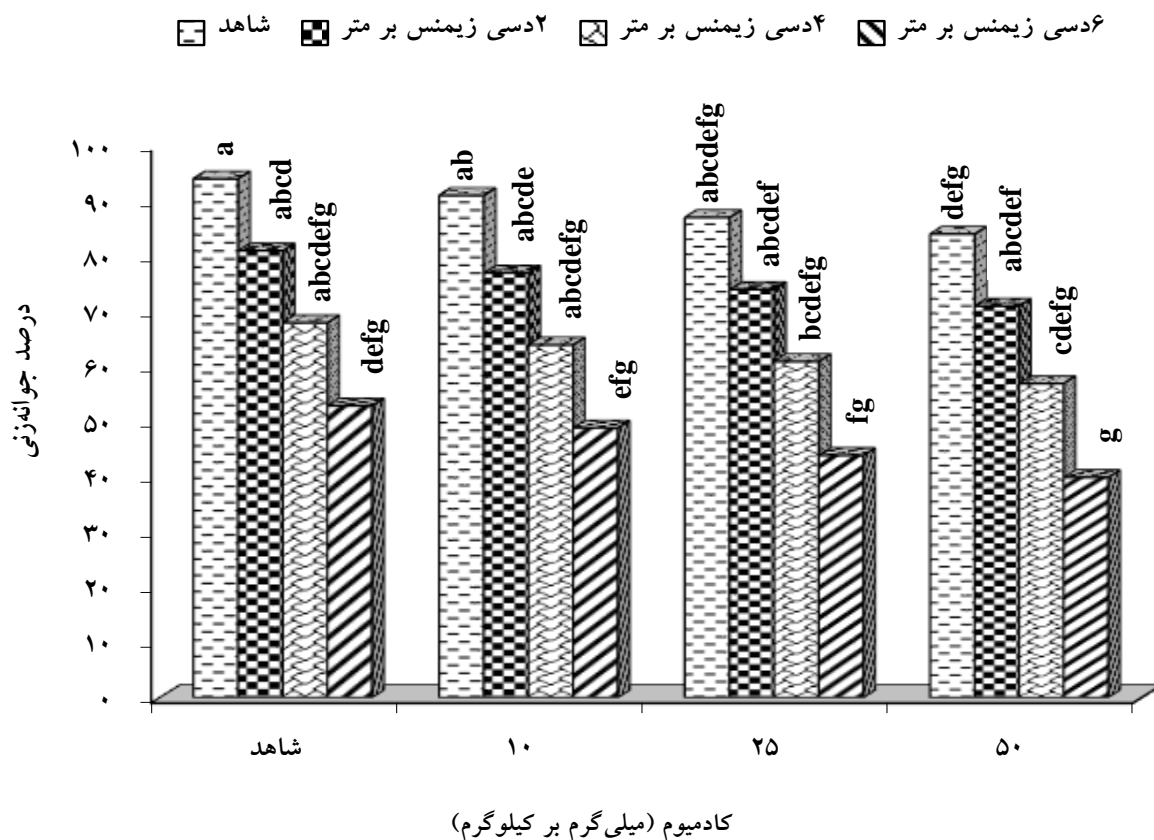
مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر کادمیوم (جدول ۳) نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی با ۹۴ درصد مربوط به تیمار شاهد (عدم شوری) و عدم مصرف کادمیوم (شاهد) و کمترین متعلق به تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر و ۵۰ میلی‌گرم کادمیوم با ۴۰ درصد بود (شکل ۴). اثر متقابل تیمارها نشان داد که افزایش هر دو تیمار (شوری و کادمیوم) به موازات هم باعث کاهش بیشتر در جوانه‌زنی بذور می‌گردد. چرا که با توجه به تأثیر منفی شوری بر جوانه‌زنی بذور، افزایش شوری تأثیر منفی کادمیوم را افزایش می‌دهد و این بدان سبب می‌باشد که با افزایش شوری از ۲ به ۶ دسی‌زیمنس بر متر بر حلالیت کادمیوم اضافه شده و به مقدار بیشتری در آب قابل دسترس بذور حل می‌گردد و به میزان بیشتری در اختیار بذور قرار می‌گیرد که این می‌تواند اثر تشدید کنندگی را بر کاهش جوانه‌زنی فراهم سازد. این نتیجه بیانگر تأثیر سوء و منفی کادمیوم به هنگام شوری به ویژه در غلظت‌های بالاتر شوری می‌باشد. چراتی‌آرایی و خانلریان (۱۳۸۷) به کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی در اثر افزایش سطوح سرب بر روی کلزا اشاره کرده‌اند.



شکل ۴- تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر روی درصد جوانه‌زنی گیاه شاهی



شکل ۵- تأثیر مقادیر مختلف کادمیوم بر روی درصد جوانه زنی گیاه شاهی



شکل ۶- تأثیر غلظت‌های مختلف شوری و مقادیر مختلف کادمیوم بر روی درصد جوانه‌زنی گیاه شاهی

سرعت جوانه‌زنی

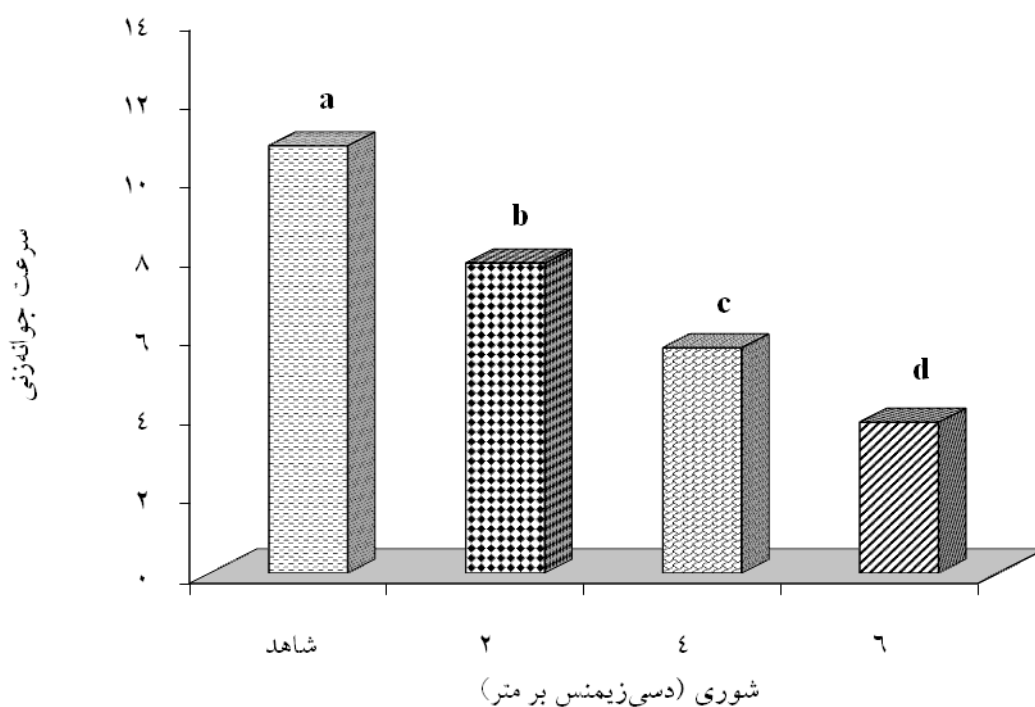
نتایج حاصل از تجزیه واریانس بر روی سرعت جوانه‌زنی (جدول ۱) نشان داد که با غلظت‌های مختلف شوری، مقادیر مختلف کادمیوم و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد این صفت را تحت تأثیر قرار دادند.

با بررسی غلظت‌های مختلف شوری (جدول ۲) مشاهده شد که بیشترین سرعت جوانه‌زنی با ۱۰/۸۲ در شاهد (عدم شاهد) و کمترین با ۳/۸۲ درصد در تیمار شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر بدست آمد (شکل ۷). از این نتایج چنین برمی‌آید که شوری سرعت جوانه‌زنی را تحت تأثیر قرار داده و با افزایش غلظت شوری تأثیر منفی و معکوس بر سرعت جوانه‌زنی دارد و این بدان معناست که هرچه شوری بیشتر گردد از سرعت جوانه‌زنی کاسته می‌شود و این امر احتمالاً تأثیر منفی و سوء شوری بر فعالیت آنزیم‌های حل‌کننده نشاسته می‌باشد و با کاهش فعالیت آنها سرعت جوانه‌زنی به تأخیر می‌افتد.

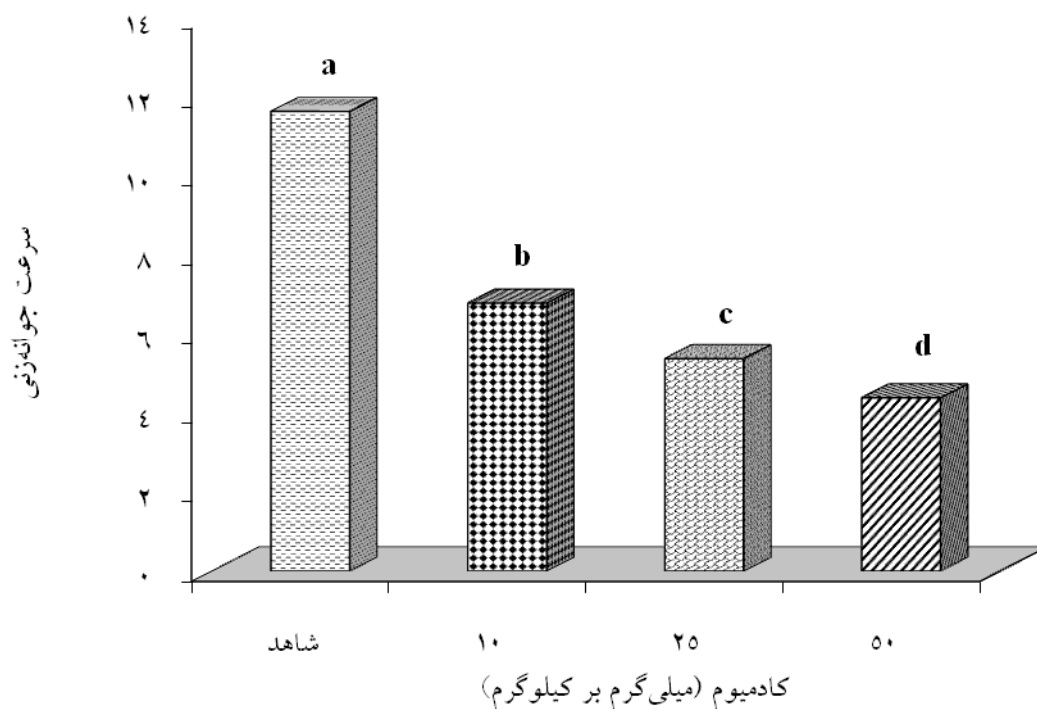
مقایسه میانگین مصرف مقادیر مختلف کادمیوم (جدول ۲) نشان داد که بالاترین سرعت جوانه‌زنی در شاهد (عدم مصرف کادمیوم) با ۷۴ و کمترین در مقدار ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم با ۶۳ بود (شکل ۸). با مطالعه تأثیر مصرف مقادیر مختلف کادمیوم به نظر می‌رسد که وجود کادمیوم اثر منفی و سوء بر سرعت جوانه‌زنی بذور در گیاه شاهی دارد و با افزایش در میزان کادمیوم از سرعت جوانه‌زنی کاسته شد و این حالت احتمالاً به دلیل افزایش سمیت کادمیوم برای بذور اتفاق می‌افتد که منتج به کاهش سرعت جوانه‌زنی در بذور می‌گردد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل مقادیر مختلف شوری و کادمیوم (جدول ۳) نشان داد بالاترین سرعت جوانه‌زنی در عدم شوری و کادمیوم با ۱۸/۸۰ و کمترین در غلظت شوری ۶ دسی‌زیمنس در متر و ۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم کادمیوم با ۲/۳۵ بدست آمد (شکل ۹).

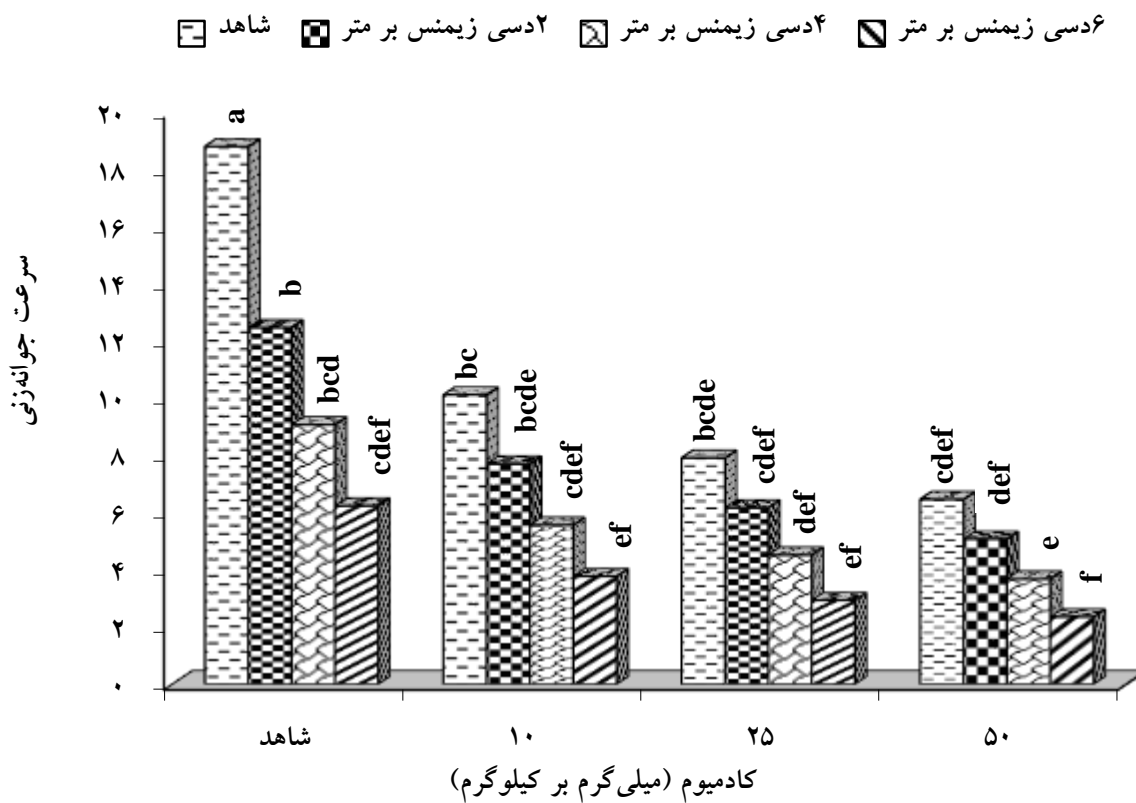
این نتایج بیانگر آن است که هرچه میزان شوری و کادمیوم کمتر باشد سرعت جوانه زنی بذور در گیاه شاهی افزایش می یابد و بالعکس با بیشتر شدن مقدار شوری و کادمیوم از سرعت جوانه زنی کاسته می شود. بدین ترتیب با افزایش همراهی شوری (تا ۶ دسی زیمنس بر متر) و کادمیوم (تا ۱۰ میلی گرم بر کیلوگرم) که منجر به افزایش حلالیت کادمیوم در سطوح بالاتر شوری می گردد.



شکل ۷- تأثیر غلظت های مختلف شوری بر روی سرعت جوانه زنی گیاه شاهی



شکل ۸- مقادیر مختلف کادمیوم بر روی سرعت جوانه زنی گیاه شاهی



شکل ۹- تأثیر غلظت های مختلف شوری و مقادیر مختلف کادمیوم بر روی سرعت جوانه زنی گیاه شاهی

بحث و نتیجه گیری

با توجه به اهمیت بارز گیاهان در تغذیه انسان که همه ساله تقاضای جهانی برای تولید آن افزایش پیدا می کند و محدودیت منابع تولید، لزوم شناسایی مکانیسم های فیزیولوژیکی مؤثر در تحمل به تنش شوری جهت استفاده در گزینش ارقام متحمل ضروری است. تنش شوری تنها بر یک مرحله رشدی گیاه تأثیر سوء نمی گذارد بلکه با توجه به شدت تنش، نوع تنش، میزان مقاومت گیاه، مراحل مختلف رشدی و نوع بافت و اندام گیاهی (سیر تکاملی) متفاوت می باشد. افزایش فعالیت های صنعتی در طی سال های اخیر و به دنبال آن ورود انواع آلاینده های مضر محیطی به آب و خاک محل زیست از جمله کادمیوم از مشکلاتی است که سلامت بشر را تهدید می کند. گیاه پالایی از جمله روشهای پیشنهادی است که با انباشت عناصر سنگین در اندام گیاهان، خروج این عناصر را از خاک های آلوده امکانپذیر می کند. با توجه به این که پالایش خاک های آلوده به فلزات سنگین بسیار دشوار است و نیز برای پالایش فلزات سنگین، حذف کامل آن ها از خاک لازم نمیباشد لذا، در شرایطی که شدت آلودگی فراتر از تحمل گیاه نباشد پالایش گیاهی روش مناسبی برای آلودگی زدایی خاک های آلوده به فلزات سنگین است. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش تنش شوری و کادمیم تعداد بذور جوانه زده، درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی کاهش می یابد. بنابراین با توجه به اینکه شاهی گیاهی با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالا می باشد، می توان از این گیاه به عنوان گیاهی بیش اندوز برای پالایش خاک های آلوده به کادمیم استفاده کرد.

منابع

- چراتی آرای، ع. و م. خانلریان. ۱۳۸۷. بررسی تأثیر سرب بر جوانه زنی، مقدار پروتئین و پرولین و ارزش تحمل به سرب در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). علوم محیطی. ۵(۳): ۴۵-۵۱.
- Alloway, B.J. (2013). Heavy Metals in soils. Springer, John Wiley and Sons, INC, New York, USA. 613p.
- Anderson, A., Anbarasu, A., Pasupuleti, R.R., Sekar, M., Praveenkumar, T. and Kumar, J.A., 2022. Treatment of heavy metals containing wastewater using biodegradable adsorbents: A review of mechanism and future trends. *Chemosphere*. 133724.
- Chen, J., Zeng, X., Yang, W., Xie, H., Ashraf, U., Mo, Z., Liu, J., Li, G. and Li, W., 2021. Seed priming with multiwall carbon nanotubes (MWCNTs) modulates seed germination and early growth of maize under cadmium (Cd) toxicity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, pp.1793-1805.
- Gomes-Filho, E., Machado Lima, C., Costa, J., da Silva, A., d Guia Silva, L.M., de Lacerda, C.F. and Prisco, J.T., 2008. Cowpea ribonuclease: Properties and effect of NaCl-salinity on its activation during seed germination and seedling establishment. *Plant Cell Reports*. 27: 147-157.
- Koyro, H.W., 2002. Ultrastructural effects of salinity in higher plants. *Salinity: Environment-Plants-Molecules*: Springer. 139-157.

Oves, M., Khan, M.S., Zaidi, A. and Ahmad, E. (2012). Soil contamination, nutritive value, and human health risk assessment of heavy metals: an overview, pp. 1-27.

Pendias, K.A. and Pendias, H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. CRC Press.

Rajabi Dehnavi, A., Zahedi, M., Ludwiczak, A., Cardenas Perez, S. and Piernik, A., 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes. *Agronomy*. 10(6): 859.

Rojas, R.V., Achouri, M., Maroulis, J. and Caon, L. (2016). Healthy soils: a prerequisite for sustainable food security. *Environmental Earth Sciences*. 75 (3): 1-10.

Wang, L., Qin, L., Sun, X., Zhao, S., Yu, L., Chen, S. and Wang, M., 2023. Salt stress-induced changes in soil metabolites promote cadmium transport into wheat tissues. *Journal of Environmental Sciences*, 127, pp.577-588.

Evaluation of germination indices of garden cress (*Lepidium sativum*) under salt and cadmium stress

Maryam taherpour¹

1-Department of Soil Science, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran

Teimour Babaeinejad²

2-Department of Soil Science, Islamic Azad University, Ahvaz Branch, Iran

Abstract

In order to investigate different concentrations of salinity on the absorption of cadmium by *Lepidium sativum*, a research was carried out in the research laboratory of the Islamic Azad University of Ahvaz in the crop year 2014-2015 in the form of a factorial experiment in the form of a completely randomized design in three replications with two salinity factors and different amounts of cadmium. In this research, the treatments included two salinity factors at four levels, including the control, 2, 4, and 6 dS/m, and different amounts of cadmium with four concentrations, including the control, 10, 25, and 50 mg/kg. To provide different levels of salinity and cadmium in the experiment, sodium chloride and cadmium chloride were used respectively. The results of analysis of variance showed that all studied traits were affected by different concentrations of salinity, different amounts of cadmium and the interaction of treatments at the probability level of 1%. The results of the mean comparison showed that increasing the amount of salinity and cadmium caused a decrease in the number of germinated seeds, germination percentage, and germination speed. Considering that watercress is a plant with a relatively short growth period and high yield, this plant can be used as a high-yielding plant to purify soils contaminated with cadmium.

Key words: watercress, sodium chloride, germination percentage, germination speed, soil treatment