Journal of Seed Research

ISSN (Print): 2383-2665
ISSN (Online): 2981-2461

Allelopathic Effect of Alfalfa on the Characteristics of Germination and Growth of *Plantago Major* and *Sisymbrium officinal*e Weeds

Esmaeil Nabizadeh[1*], Jafar Divdel[2], Khadijeh Ahmadi[3]

[1] Associate Professor, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Iran,
Email: nabizadeh.esmaeil@gmail.com

[2] MSC, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Mahabad Branch, Iran,
Email: divdel.jafar@gmail.com

[3] PhD, Crop Physiology, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran,
Email: kh.ahmadi612@gmail.com

Article Info

Article type:
Research Full Paper

Article history:
Received: 2024-2-2
Revised: 2024-9-1
Accepted: 2024-9-8

Keywords:
Allelopathy
Aqueous Extract of Alfalfa
Germination
Seedling Growth
Weed

ABSTRACT

Allelopathy is a biological phenomenon of synthesis and excretion of compounds that can affect the growth of different plants, i.e. plant species. In this study, the allelopathic effect of the aqueous extract of different organs of alfalfa (*Medicago sativa* L.) on the germination and seedling growth of two weed species, *Plantago major* and *Sisymbrium officinale*, was conducted. The experimental treatments included different organs (leaf, whole shoot and root) with three concentrations (zero (control), 25 and 50%). The factorial experiment was carried out in the form of a completely random basic design with three replications in the laboratory of the Faculty of Agriculture of the Islamic Azad University, Mahabad branch in 2014. Data analysis was done with SAS var 9.1 software. The results showed that the concentrations of aqueous extracts of different alfalfa organs had a significant effect on the germination and growth characteristics of two weed species, *Plantago major* and *Sisymbrium officinale*. The factorial experiment was carried out in the form of a completely random basic design with three replications in the laboratory of the Faculty of Agriculture of the Islamic Azad University, Mahabad branch in 2014. Data analysis was done with SAS var 9.1 software. The results showed that the concentrations of aqueous extracts of different alfalfa organs had a significant effect on the germination and growth characteristics of two weed species, *Plantago major* and *Sisymbrium officinale*. Increasing the concentration of alfalfa aqueous extract decreased the germination characteristics of the weeds *Plantago major* and *Sisymbrium officinale*, as well as the characteristics of dry weight of root (100%) and stem (100%), length of root (82.94%) and stem (78.32%) in 25% concentration had a sharp decrease, and this decrease was more in aqueous extract prepared from alfalfa root. In general, it was observed that the aqueous extract of alfalfa root had a negative effect on the germination of the seeds of two weeds and that it can limit the germination and growth of weeds

Cite this article: Nabizadeh, E., Divdel, J., Ahmadi, Kh. (2023). Allelopathic Effect of Alfalfa on the Characteristics of Germination and Growth of *Plantago Major* and *Sisymbrium officinal*e Weeds. *Seed Research*, 13 (3), 67-81.

©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

تحقیقات بذر
شاپا چاپی: ۲۶۶۵-۲۳۸۳
شاپا الکترونیکی: ۲۴۶۱-۲۹۸۱

اثر آللوپاتیک یونجه بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی

اسمعیل نبی‌زاده[1*]، جعفر دیودل[2]، خدیجه احمدی[3]

[1] دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، ایران، رایانامه: nabizadeh.esmaeil@gmail.com
[2] کارشناسی ارشد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد، ایران، رایانامه: divdel.jafar@gmail.com
[3] دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد تهران. ایران ، رایانامه: kh.ahmadi612@gmail.com

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۱۱/۱۳
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۶/۱۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۱۸

واژه‌های کلیدی:
آللوپاتی
جوانه‌زنی
رشد گیاهچه
عصاره آبی
علف هرز
یونجه

چکیده

آللوپاتی یک پدیده بیولوژیکی سنتز و دفع ترکیباتی است که می‌تواند بر رشد گیاهان مختلف، یعنی گونه‌های گیاهی تأثیر بگذارد. در این مطالعه اثر آللوپاتیک عصاره آبی اندام‌های مختلف یونجه (*Medicago sativa* L.) به‌صورت جداگانه بر جوانه‌زنی و رشد گیاهچه دو گونه علف هرز بارهنگ پهن‌برگ (*Plantago major*) و قدومه شیرازی (*Sisymbrium officinale*) انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل اندام‌های مختلف (برگ، کل اندام هوایی و ریشه) با سه غلظت (صفر (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ درصد) بودند. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی و با سه تکرار در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد در سال ۱۳۹٤ اجرا گردید. تجزیه داده‌ها با نرم‌افزار SAS var 9.1 انجام گرفت. نتایج نشان داد که غلظت‌های عصاره آبی اندام‌های مختلف یونجه تأثیر معنی‌داری بر صفات جوانه‌زنی و ویژگی‌های رشد دو گونه علف هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی داشتند. افزایش غلظت عصاره آبی یونجه، موجب کاهش ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی شد، همچنین صفات وزن خشک ریشه‌چه (۱۰۰٪) و ساقه‌چه (۱۰۰٪)، طول ریشه‌چه (۸۲/۹٤٪) و ساقه‌چه (۷۸/۳۲٪) در غلظت ۲۵ درصد روند شدید کاهشی داشت که در عصاره آبی تهیه‌شده از ریشه یونجه این کاهش بیشتر بود. به‌طورکلی مشاهده شد که عصاره آبی ریشه یونجه موجب اثر منفی بر جوانه‌زنی بذور دو علف هرز گردید و که می‌تواند جوانه‌زنی و رشد علف‌های هرز را محدود کند.

استناد: نبی‌زاده، ا سمعیل؛ دیودل، جعفر؛ احمدی، خدیجه. (۱٤۰۲). اثر آللوپاتیک یونجه بر خ صو صیات جوانه‌زنی و ر شد علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی. *تحقیقات بذر*، ۱۳ (۳)، ۸۱-٦٦.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.

مقدمه

آللوپاتی به‌عنوان برهمکنش شیمیایی گیاهان از طریق میانجیگری ترکیبات شیمیایی ترشح‌شده توسط گیاهان جداگانه تعریف می‌شود. چنین ترکیبات شیمیایی را آللوشیمیایی می‌نامند. آللوشیمیایی‌ها متابولیت‌های ثانویه‌ای هستند که ممکن است تأثیر مثبت یا منفی گیاه را بر رشد و نمو گیاهان دیگر اعمال کنند (Xie et al.,2021; Pasquini et al., 2023). اساساً آللوپاتی یک پدیده بیولوژیکی است که به‌وسیله آن‌یک گیاه، قارچ یا میکروارگانیسم مواد آللوشیمیایی تولید می‌کند که وقتی در محیط رها می‌شود، اثر بازدارنده یا محرکی بر رشد و نمو سایر ارگانیسم‌ها دارد (Farooq et al., 2013). آللوشیمیایی‌ها درواقع متابولیت‌های ثانویه هستند و به‌عنوان محرک‌های زیستی، یعنی محرک‌ها یا بازدارنده‌های رشد و نمو گیاه عمل می‌کنند (Jamwal et al., 2018). گونه‌های گیاهی در تمام بافت‌ها مواد آللوشیمیایی تولید می‌کنند و انتشار آن‌ها نقش مهمی در اکوسیستم‌های طبیعی، در توسعه جوامع گیاهی (Ridenour et al., 2001) و در اکوسیستم‌های کشاورزی (Aslam et al., 2017) ایفا می‌کند. اهمیت آللوپاتی در تولیدات کشاورزی در امکان کاربرد آن به‌منظور بهبود خواص خاک از طریق تجزیه بقایای گیاهی، افزایش تنوع محصولات با اعمال آن در تناوب زراعی و بهبود مقاومت محصولات زراعی در برابر عوامل غیر زیست آشکار می‌شود. بااین‌حال، در کنترل علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات، چه به‌طور مستقیم و چه با تولید آفت‌کش‌های زیستی، اهمیت ویژه‌ای دارد. گنجاندن آللوپاتی در برنامه‌های تلفیقی یا اکولوژیکی حفاظت از گیاهان به کاهش استفاده از عوامل شیمیایی و درنتیجه بروز مشکلات متعددی مانند مقاومت در برابر تعداد فزاینده آفات و بقایای آفت‌کش‌ها و همچنین اثرات منفی بر محیط‌زیست کمک می‌کند (Xuan et al., 2004). به‌طور سنتی، آللوپاتی به‌عنوان یک تعامل دوطرفه بین دو گیاه یا گونه گیاهی در نظر گرفته می‌شد. بااین‌حال، آللوپاتی در حال حاضر به‌عنوان فرآیندی در قلمرو گیاهی در نظر گرفته می‌شود که می‌تواند بر سایر ارگانیسم‌های موجود در محیط گیاه تأثیر بگذارد و آن را تعدیل کند (Schandry et al., 2020). آللوپاتی یک اثر مستقیم یا غیرمستقیم است که توسط یک گیاه (ازجمله میکروارگانیسم‌ها) روی دیگری از طریق تولید ترکیبات شیمیایی که به محیط می‌گریزند ایجاد می‌شود (Huang et al., 2020). آللوشیمیایی‌ها متابولیت‌های گیاهی یا فرآورده‌های آن‌ها هستند که در محیط آزاد می‌شوند و ممکن است گیاهان را در مراحل مختلف رشد و نمو گیاه مانند جوانه‌زنی بذر، رشد و نمو گیاهچه، گل‌دهی و باردهی، تشکیل و جانشینی پوشش گیاهی، باز زایی گونه‌ها تحت تأثیر قرار دهند (Braine et al., 2012). تعداد زیادی از تعاملات آللوپاتیک معمولاً خصوصیت منفی دارند و روابط مثبت نادر است. آللوشیمیایی‌ها با اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف ازجمله فتوسنتز، تنفس، آب و تعادل هورمونی بر جوانه‌زنی و رشد گیاهان مجاور تأثیر می‌گذارند (Soltys et al., 2013). مواد محلول در آب بقایای یونجه اصلی‌ترین عامل دگرآسیبی یونجه می‌باشند و غلظت بازدارندگی آن به شرایط آزمایش و گونه هدف بستگی دارد. عصاره بقایای یونجه نه‌تنها پتانسیل بازدارندگی بر جوانه‌زنی علف‌های هرز مهم را دارد، بلکه بر رشد ریشه‌چه و حتی بر رشد پس از سبز کردن علف‌های هرز نیز تأثیر داشته باشد (Tokasi et al., 2011). هدف از این کار بررسی تأثیر آللوپاتیک عصاره آبی به‌دست‌آمده از گیاه یونجه، بر جوانه‌زنی بذر و خصوصیات مورفولوژی گیاهچه‌های بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی در شرایط آزمایشگاهی بود. در این پژوهش برای اولین بار جهت بررسی کنترل و کاهش جوانه‌زنی علف‌های هرز بارهنگ و قدومه شیرازی از عصاره آبی تمام‌اندام‌های گیاه یونجه استفاده کرده است.

مواد و روش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

این تحقیق در دانشگاه آزاد اسلامی واحد مهاباد در طی سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر اجرا گردید. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کرت‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. به‌طوری‌که تیمارهای آزمایش شامل اندام‌های مختلف (برگ، کل اندام هوایی و ریشه) با سه غلظت (صفر (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ درصد) بودند. این پژوهش برای دو گونه علف هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی به‌صورت دو آزمایش جدا انجام شد. تمام عصاره‌ها و غلظت‌های تهیه‌شده برای هر دو نوع علف هرز یکسان بود و در شرایط یکسان کشت شدند.

نحوه عملیات در آزمایشگاه

به‌منظور بررسی اثر آللوپاتیک اندام‌های مختلف گیاه زراعی یونجه بر خصوصیّات جوانه‌زنی بذر و رشد دو گونه علف هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی آزمایشی در سال ۱۳۹٤ در آزمایشگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد مهاباد اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل غلظت عصاره در سه سطح شامل صفر (آب مقطر) و عصاره‌های آبی ۲۵ و ۵۰ درصد نوع اندام عصاره‌گیری شده شامل عصاره آبی برگ، ریشه و کل اندام هوایی گیاه یونجه بود. بدین منظور پس از جمع‌آوری زیست‌توده و ریشه گیاه یونجه‌ها از گلدان‌های کشت‌شده در گلخانه گیاه‌پزشکی، آن‌ها را به آزمایشگاه منتقل کرده و اندام‌های مختلف یونجه شامل برگ، ریشه و مخلوطی از ریشه، برگ و ساقه (کل اندام هوایی) را جدا و پس از شستشو، در دمای اتاق خشک، خرد و با آسیاب برقی پودر نموده، سپس از هریک از اندام‌ها عصاره غلیظ آبی۱۰درصدوزنی–حجمی (۱۰۰گرم پودر در یک لیتر آب مقطر) با قرار دادن روی دستگاه شیکر به مدّت ٤۸ ساعت تهیه شد. از این عصاره‌های غلیظ پس از صاف نمودن آن با کاغذ صافی با افزودن آب مقطر، عصاره‌های آبی با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ درصد تهیّه گردید (Alipour Gravane et al., 2019).

برای انجام این آزمایش جهت عمل ضدعفونی بذور ابتدا از اتانول ۵۰ درصد به مدّت ۳۰ ثانیه و هیپو-کلریدسدیم ۱ درصد به مدّت ۱۰ دقیقه استفاده شد، سپس بذور سه مرتبه با آب مقطر شسته شدند. جهت ضدعفونی محیط کشت قبل از انجام آزمایش آزمایشگاهی، پتری دیش‌ها را با الکل ۷۰٪ ضدعفونی نموده و سپس به مدّت ٤۸ ساعت در آون با دمای۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. جهت اجرای آزمایش برای هر سطح تیمار، تعداد ۲۵ عدد بذر سالم را به‌طور یکنواخت درون پتری دیش روی کاغذ صافی قرار داده و به هر پتری دیش میزان ٦ میلی‌لیتر از عصاره آبی موردنظر تزریق، سپس درب آن‌ها با پارافیلم کاملاً مسدود شد. پتری دیش‌ها درون ژرمیناتور با شرایط دمایی ۲٦ درجه سانتی‌گراد و شرایط نوری ۱۲/۱۲ ساعت (شب/روز) قرارگرفته شد (Alipour Gravane et al., 2019). شمارش بذور جوانه‌زده به‌صورت روزانه (هر ۲٤ ساعت یک‌بار) انجام شد و معیار جوانه‌زنی خروج ریشه‌چه دو میلی‌متر از بذور بود. شمارش تا زمانی که تعداد بذور جوانه‌زده تا سه روز متوالی در هر نمونه ثابت شود ادامه می‌یافت و در پایان آزمایش با استفاده از چند نمونه‌ی تصادفی از هر پتری دیش، وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه و طول گیاهچه اندازه‌گیری شد. سپس درصد، سرعت و متوسط جوانه‌زنی و ویگور (شاخص بنیه بذر) اندازه‌گیری و با شاهد مقایسه گردید. صفات مورد ارزیابی شامل درصد و سرعت جوانه‌زنی بذر، شاخص بنیه بذر، وزن خشک‌ریشه و ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه گیاهچه‌ها بود. خصوصیات جوانه‌زنی و گیاهچه از روابط زیر به دست آمد (Omidi et al., 2015).

۱) درصد جوانه‌زنی[1] $GP = (N\times100) / M$

۲) سرعت جوانه‌زنی[2] $GS = \sum Ni / Ti$

۳) شاخص بنیه بذر[3] $SVI = GP\times Mean (SL)$

تجزیه‌وتحلیل آماری

تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS var 9.1 انجام پذیرفت. جهت مقایسات میانگین داده‌ها به روش دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم جداول و شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

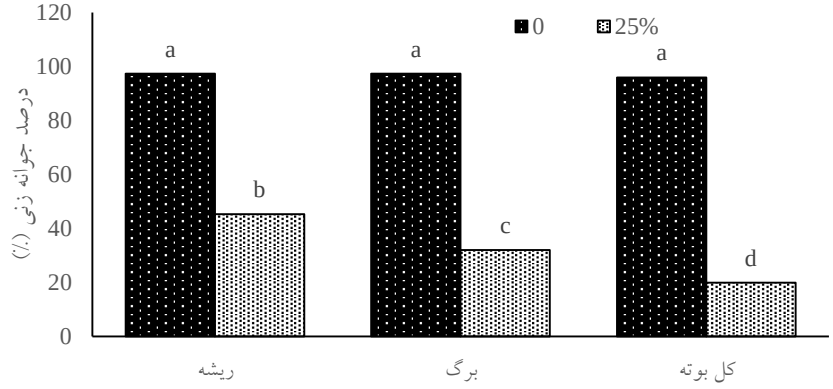
اثر آللوپاتی بر صفات موردمطالعه علف هرز بارهنگ پهن‌برگ

درصد جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های موردبررسی نشان داد که تأثیر تیمارهای غلظت عصاره‌های آبی، اندام گیاهی و اثر متقابل بین آن‌ها بر درصد جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۱). طبق نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر درصد جوانه‌زنی نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عصاره آبی درصد جوانه‌زنی کاهش‌یافته است که عصاره تهیه‌شده از اندام هوایی یونجه با غلظت ۲۵٪ دارای کم‌ترین درصد جوانه‌زنی بود. بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار آب مقطر (شاهد) در ریشه و برگ بود که با عصاره حاصل از کل بوته نیز تفاوت آماری مشاهده نشد (شکل ۱).

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر عصاره‌های آبی بر علف هرز بارهنگ پهن‌برگ بر صفات آزمایشگاهی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		درصد جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
غلظت عصاره	۲	۲۱۸۸۹**	۱۰۲۲**	۱۰۰۳/۰۳**	۶۰۵۹۸۸**	۱۱×۱۰$^{-۷}$** | ۱۱×۱۰$^{-۵}$**	۷/۰۵**	۲۳**
اندام گیاهی	۲	۱۴۴**	۰/۹^{ns}	۶/۹۳ ^{ns}	۱۳۲۹/۴**	۲×۱۰$^{-۸}$ *	۲۲×۱۰$^{-۸ns}$	۰/۱**	۱۲×۱۰$^{-۸}$**
غلظت × اندام گیاهی	۴	۱۶۹**	۶^{ns}	۲/۱۴ ^{ns}	۲۰۲۵/۲*	۲×۱۰$^{-۸}$*	۱۱×۱۰$^{-۸}$ ^{ns}	۰/۰۷**	۱۱×۱۰$^{-۸}$**
خطای آزمایش	۱۸	۸	۳/۰۲	۸	۵۶۸	۴۱×۱۰$^{-۱۰}$	۲۳×۱۰$^{-۸}$	۰/۰۰۷	۰/۰۱۳
ضریب تغییرات (٪)		۶/۵۷	۱۶/۱۴	۱۵/۴۵	۱۳/۳۸	۱۸/۳۴	۱۲/۲۶	۱۴/۲	۱۱/۴

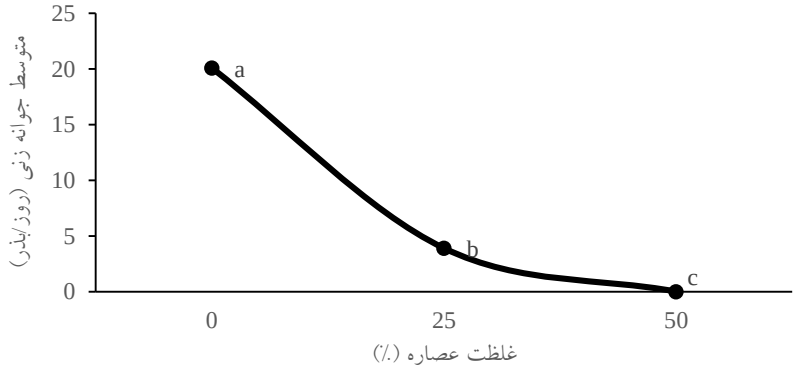
ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



شکل ۱. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر درصد

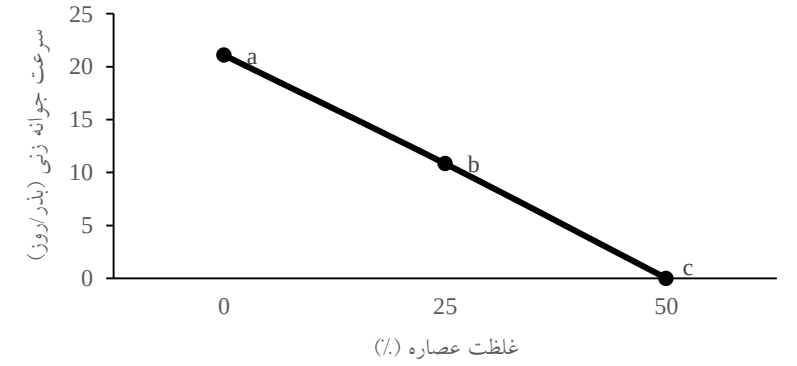
[1] Germination Percentage
[2] Germination Speed
[3] Seed Vigour index

متوسط جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های موردبررسی نشان داد که بین عصاره‌های آبی از قسمت‌های مختلف اندام گیاهی یونجه موردبررسی در این آزمایش ازنظر صفت متوسط جوانه‌زنی غلظت عصاره آبی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت عصاره اندام‌های گیاهی به ۵۰ درصد غلظت، صفت متوسط جوانه‌زنی متوقف شد و هیچ بذری جوانه نزد. طبق شکل ۲، کمترین متوسط جوانه‌زنی مربوط به غلظت عصاره‌ی ۵۰٪ و بیشترین متوسط جوانه‌زنی مربوط به غلظت صفر (شاهد) با میانگین ۲۰/۰۹ بذر در روز است.



شکل ۲. اثر غلظت عصاره آبی بر متوسط جوانه‌زنی

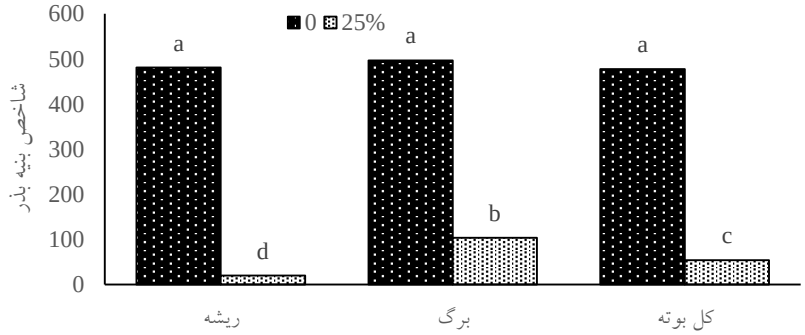
سرعت جوانه‌زنی: نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر غلظت عصاره آبی بر سرعت جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج نشان داد که اثر غلظت عصاره اندام‌های گیاهی بر سرعت جوانه‌زنی، با افزایش غلظت عصاره آبی سرعت جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط غلظت ۲۵٪ بود و در غلظت‌های ۵۰٪ سرعت جوانه‌زنی صفر شد. طبق مشاهدات بیشترین سرعت جوانه‌زنی با میانگین ۲۱/۱۱ بذر/روز مربوط به غلظت شاهد (آب مقطر) بود (شکل ۳).



شکل ۳. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر سرعت جوانه‌زنی

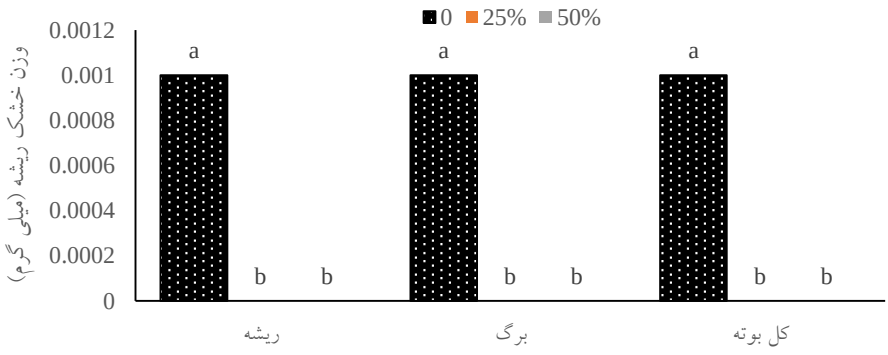
شاخص بنیه بذر: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های موردبررسی مشاهده شد که ازلحاظ آماری بین عصاره‌های آبی در غلظت‌های عصاره آبی اندام گیاهی ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام‌های گیاهی نیز در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند

(جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر شاخص بنیه بذر مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره آبی شاخص بنیه بذر کاهش یافت. تحت اثر عصاره آبی اندام‌های مختلف گیاه یونجه، غلظت ۵۰ درصد عصاره آبی در کل اندام‌ها شاخص بنیه بذر صفر شد و همچنین در غلظت صفر (آب مقطر) بیشترین میزان شاخص بنیه بذر با میانگین ٤٩٦/٩٢ در عصاره آبی برگ مشاهده شد، اما ازنظر آماری نیز اختلافی بااندام ریشه و کل بوته نیز نبود (شکل ٤).

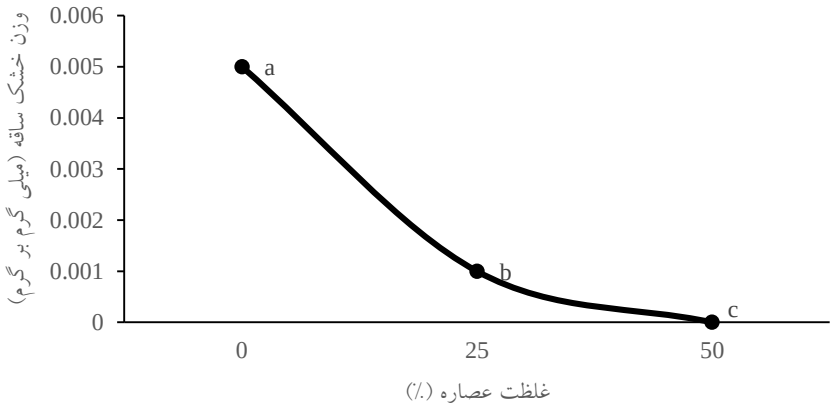


شکل ٤. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر شاخص بنیه بذر

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: با توجه به جدول تجزیه واریانس داده‌ها برای صفت وزن خشک ریشه‌چه اثر غلظت عصاره‌های آبی یونجه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد، و اندام گیاهی و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شدند (جدول ۱). اثرات متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر وزن خشک ریشه‌چه مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره آبی وزن خشک ریشه‌چه کاهش می‌یابد. در ارتباط با این صفت نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی داده‌ها نشان می‌دهد که کمترین طول ریشه‌چه در گیاه مربوط به‌کل غلظت‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ با میانگین صفر بود و بیشترین طول ریشه‌چه در گیاه از غلظت‌های صفر (شاهد) با میانگین ۰/۰۰۱ میلی‌گرم حاصل شد که اختلاف معنی-داری با همدیگر نداشتند (شکل ۵). اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر زون خشک ساقه‌چه مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره آبی وزن خشک ساقه‌چه کاهش می‌یابد. کمترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به غلظت‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ است، که در غلظت ۵۰ درصد بذری جوانه نزد و هیچ گیاه‌چه‌ای مشاهده نشد. بیشترین وزن خشک ساقه‌چه نیز مربوط به غلظت صفر (شاهد) است (شکل ٦).

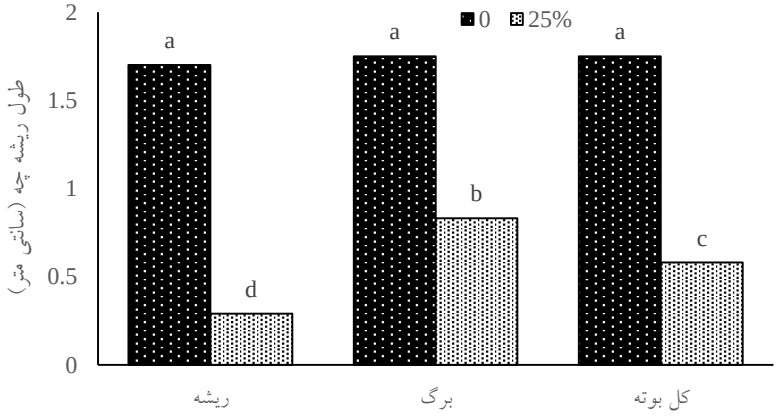


شکل ۵. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر وزن خشک ریشه‌چه

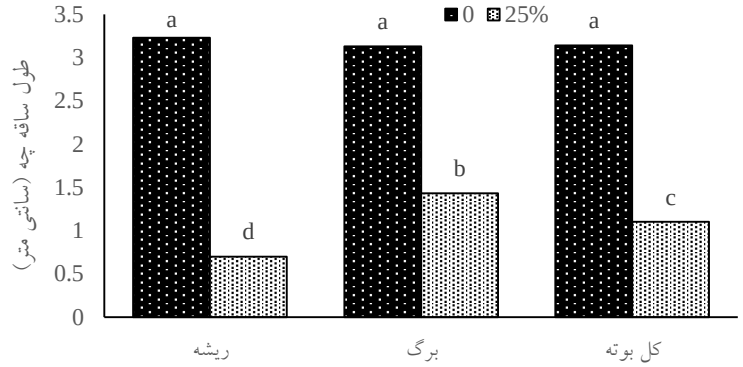


شکل ٦. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر وزن خشک ساقه‌چه

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفت طول ریشه‌چه و ساقه‌چه مشاهده شد که این صفات تحت تأثیر تیمار اندام گیاهی و غلظت عصاره آبی قرار گرفتند و ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار شدند (جدول ۱). اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر طول ریشه‌چه نشان‌دهنده‌ی این است که با افزایش غلظت عصاره آبی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. مقایسه میانگین این صفت ازلحاظ ترکیبات تیماری حاکی از آن بود که میانگین داده‌های تیمار اثرات متقابل که کمترین وزن خشک ساقه‌چه مربوط به تمام غلظت‌های ۵۰٪ و غلظت‌های ۲۵٪ ریشه است و بیشترین مربوط به غلظت صفر (شاهد) کل اندام گیاهی است (شکل ۷). اثرات متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر طول ساقه‌چه نشان می‌دهد که با افزایش غلظت عصاره آبی طول ساقه‌چه کاهش‌یافته است. مقایسه میانگین داده-های حاصل از ترکیبات تیماری غلظت عصاره و اندام گیاهی مشاهده می‌شود کمترین طول ساقه‌چه مربوط به غلظت ۲۵٪ بود، و بیشترین طول ساقه‌چه نیز در غلظت صفر (شاهد) حاصل شد (شکل ۸).



شکل ۷. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر طول ریشه‌چه



شکل ۸. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر طول ساقه‌چه

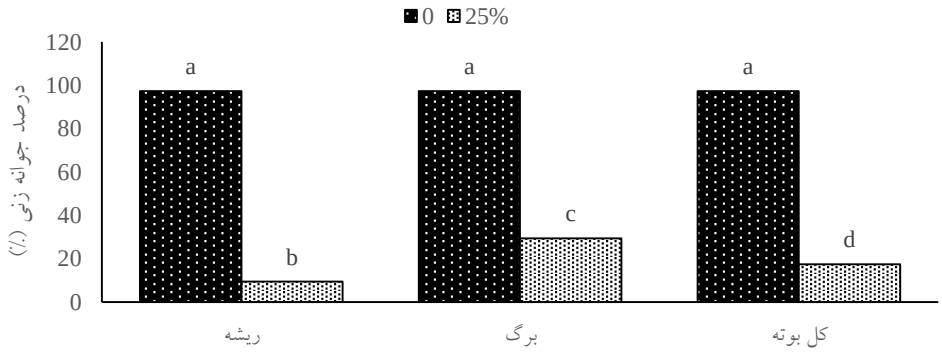
اثر آللوپاتی بر صفات موردمطالعه علف هرز قدومه

درصد جوانه‌زنی: با توجه به جدول تجزیه واریانس در ارتباط با درصد جوانه‌زنی در گیاه قدومه، بین غلظت عصاره‌های آبی، اندام گیاهی و اثرات متقابل بین آن‌ها موردبررسی در این آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد (جدول ۲). در نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر درصد جوانه‌زنی مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره آبی درصد جوانه‌زنی به‌شدت کاهش می‌یابد. عصاره حاصل از سه اندام گیاهی یونجه باعث کاهش درصد جوانه‌زنی شد به‌گونه‌ای که بیشترین درصد جوانه‌زنی در هر سه اندام گیاهی یونجه در غلظت صفر (آب مقطر) مشاهده شد. در غلظت ۲۵ درصد این کاهش خیلی شدید بود به‌طوری‌که در غلظت ۵۰ درصد کامل صفر شد (شکل ۹).

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر عصاره‌های آبی بر علف هرز قدومه بر صفات آزمایشگاهی

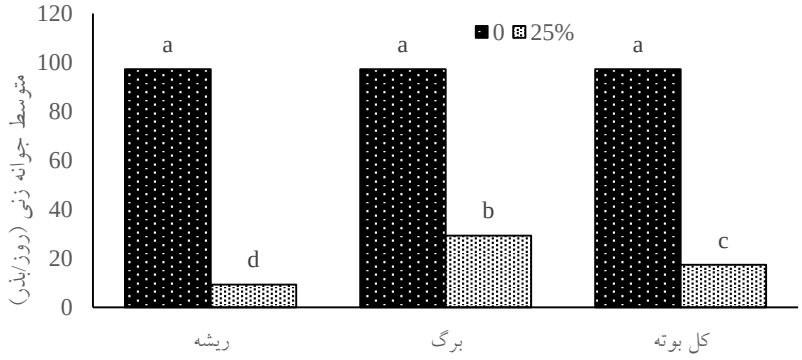
منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات							
		درصد جوانه‌زنی	متوسط جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	شاخص بنیه بذر	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه
غلظت عصاره	۲	۲٤۰۱٦**	۸۲٤/۰٤**	۷۲۰/۹۱**	٦۹۳٦۲۹/۹**	۵×۱۰$^{-٦}$**	۱۲×۱۰$^{-۵}$**	۷**	۲٦**
اندام گیاهی	۲	۱۰۱/۳۳**	۲/۰۸**	٦/۸۰**	۱۳۹۷/۸۵ ns	٤×۱۰$^{-۸}$ ns	۹×۱۰$^{-۷}$ ns	۰/۰۵۲**	۷۲×۱۰$^{-۳}$**
غلظت × اندام گیاهی	٤	۱۰۱/۳۳**	۳/٦**	۳/٦٦**	۱۱۹٤/٦۷ ns	۲×۱۰$^{-۸}$ ns	۳۵×۱۰$^{-۸}$ ns	۰/۰۷**	۵۳×۱۰$^{-۳}$**
خطای آزمایش	۱۸	۷/۱۱	۰/۸٦	۰/٦۹	۷۲۸/۵٤	۲×۱۰$^{-۸}$	۲۱×۱۰$^{-۸}$	۰/۰۱۱	۰/۰۱٦
ضریب تغییرات (٪)		٦/۸۹	۱٤/٤۷	۹/۱۱	۱۵/۰٦	۱٦/۱٤	۱۵/٦۳	۱۰/۱٤	۱۲/٤٦

ns، * و** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد



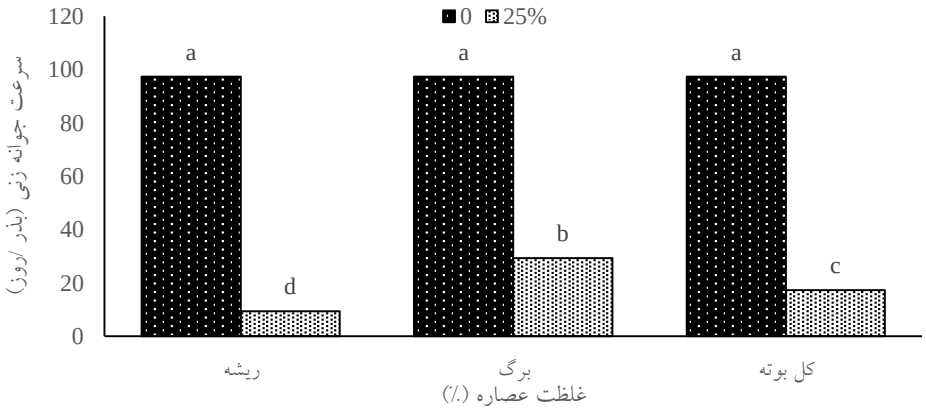
شکل ۹. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر درصد جوانه‌زنی

متوسط جوانه‌زنی: طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مورد بررسی نشان داد که از اثر غلظت عصاره‌های آبی، اندام گیاهی و اثر متقابل بین آن‌ها بر صفت متوسط جوانه‌زنی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به اثرات متقابل ترکیبات تیماری غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر متوسط جوانه‌زنی مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره آبی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. از طرفی مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی داده‌ها نیز نشان‌دهنده حداقل بودن متوسط جوانه‌زنی در غلظت ۲۵٪ ریشه و حداکثر بودن در تیمار شاهد است که بین غلظت‌های صفر هیچ اختلاف معنی‌داری نبود (شکل ۱۰).



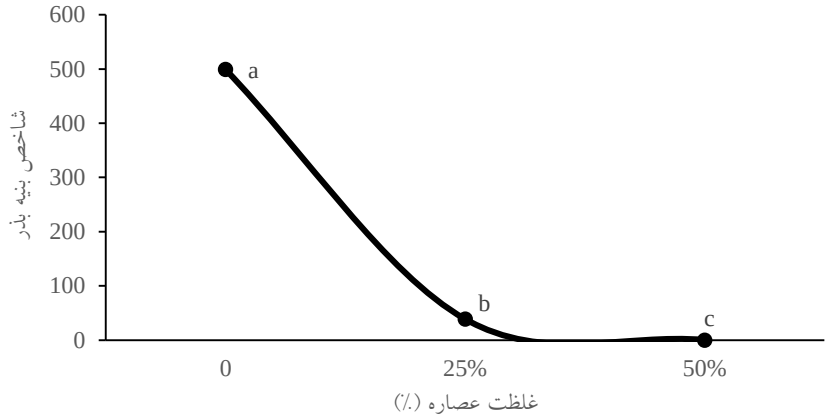
شکل ۱۰. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر متوسط جوانه‌زنی

سرعت جوانه‌زنی: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های موردبررسی نشان داد که بین عصاره‌های آبی از قسمت‌های مختلف اندام گیاهی یونجه موردبررسی در این مطالعه ازنظر صفت سرعت جوانه‌زنی غلظت عصاره آبی، اندام گیاهی و اثرات متقابل بین آن‌ها ازلحاظ آماری در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). با توجه به اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر سرعت جوانه‌زنی مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره آبی سرعت جوانه‌زنی کاهش‌یافته است. به‌طوری‌که بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌های ترکیبات تیماری اثر متقابل کمترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به غلظت ۲۵٪ ریشه بود و بیشترین سرعت جوانه‌زنی مربوط به غلظت صفر (شاهد) برگ است (شکل ۱۱).



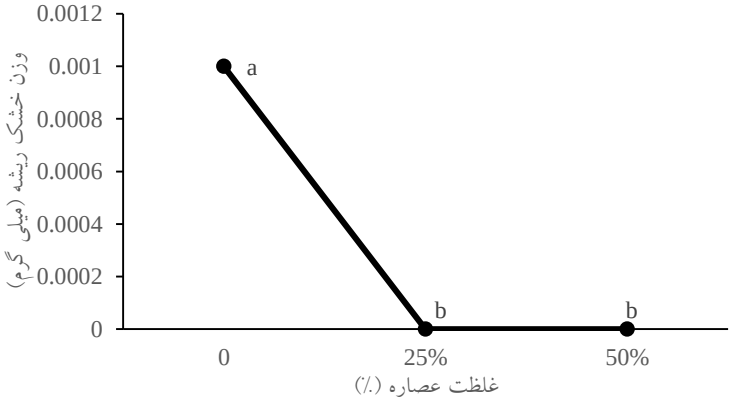
شکل ۱۱. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر سرعت جوانه‌زنی

شاخص بنیه بذر: با توجه به جدول تجزیه واریانس در ارتباط با شاخص بنیه بذر، بین غلظت عصاره‌های آبی در این آزمایش تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ مشاهده شد (جدول ۲). همان‌طور که اثر متقابل غلظت عصاره اندام گیاهی بر شاخص بنیه بذر مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره آبی شاخص بنیه بذر کاهش یافت. در ارتباط با این صفت نتایج مقایسه میانگین اثر تیمار غلظت عصاره‌های آبی نشان داد که غلظت‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ دارای کمترین میزان شاخص بنیه بذر بودند و همچنین بیشترین شاخص بنیه بذر از غلظت‌های صفر (شاهد) حاصل شد (شکل ۱۲).

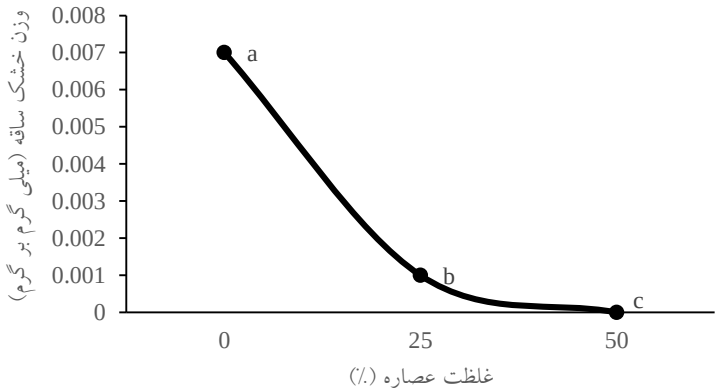


شکل ۱۲. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر شاخص بنیه بذر

وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه: نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمار غلظت عصاره‌های آبی بر صفات وزن خشک ریشه‌چه و ساقه‌چه، در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های حاصل از غلظت عصاره اندام گیاهی نشان داد که غلظت ۵۰٪ بیشترین کاهش در وزن خشک ریشه‌چه را داشت و بیشترین وزن خشک ریشه‌چه مربوط به غلظت صفر (شاهد) بود (شکل ۱۳). اثر غلظت عصاره بر وزن خشک ساقه‌چه نشان داد که با افزایش غلظت عصاره آبی وزن خشک ساقه‌چه کاهش می‌یابد. از سوی دیگر مقایسه میانگین اثر غلظت عصاره آبی برداده‌ها نشان داد که کمترین طول ساقه‌چه مربوط به غلظت‌های ۵۰٪ و ۲۵٪ و بیشترین وزن خشک ساقه‌چه نیز در غلظت‌های صفر (شاهد) مشاهده شد (شکل ١٤).

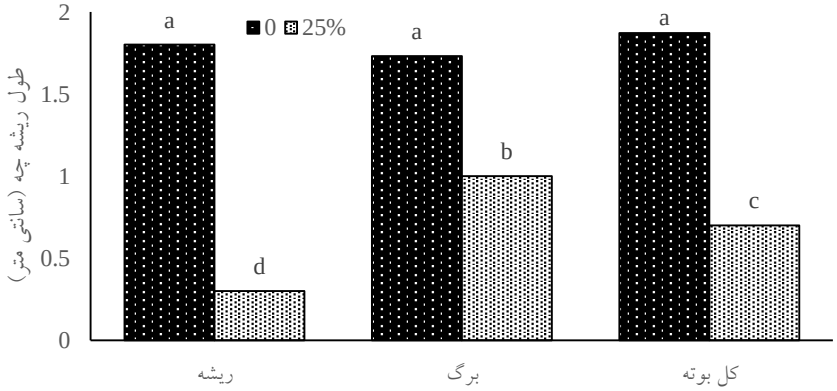


شکل ۱۳. مقایسه میانگین تأثیر اندام گیاهی بر وزن خشک ریشه‌چه

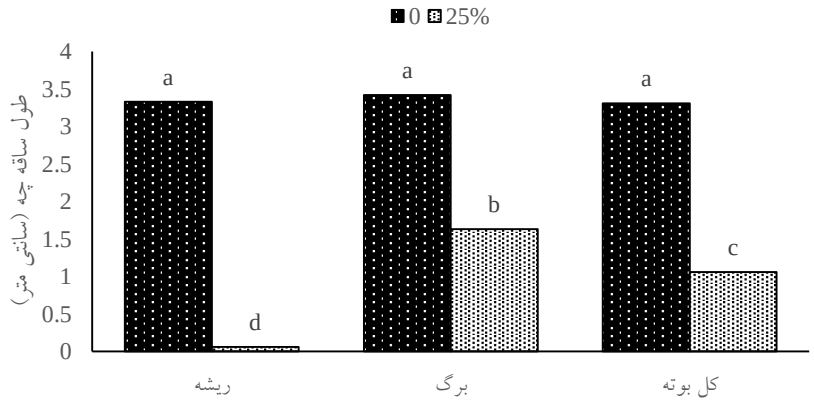


شکل ١٤. مقایسه میانگین تأثیر اندام گیاهی بر وزن خشک ریشه‌چه

طول ریشه‌چه و ساقه‌چه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های موردبررسی نشان داد که بین عصاره‌های آبی از قسمت‌های مختلف اندام گیاهی یونجه موردبررسی در این مطالعه صفات طول ریشه‌چه و ساقه‌چه تحت اثر غلظت عصاره آبی، اندام گیاهی و اثرات متقابل بین آن‌ها ازلحاظ آماری در سطح احتمال ١٪ اختلاف بسیار معنی‌دار وجود داشت (جدول ٢). اثر متقابل غلظت عصاره و اندام گیاهی بر طول ریشه‌چه مشاهده می‌شود که با افزایش غلظت عصاره آبی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد. از سوی دیگر مقایسه میانگین ترکیبات تیماری اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی داده‌ها نشان داد که کل غلظت‌های ٥٠٪ و ٢٥٪ ریشه و کل اندام گیاهی که باعث کمتر شدن طول ریشه‌چه و در غلظت صفر (شاهد) افزایش در طول ریشه‌چه مشاهده شد (شکل ١٥). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر طول ساقه‌چه مشاهده شد که با افزایش غلظت عصاره آبی طول ساقه‌چه کاهش یافت. همچنین کمترین طول ساقه‌چه مربوط به غلظت ٢٥٪ بود و در غلظت ٥٠٪ میانگین طول ساقه‌چه صفر شد. طبق نتایج بیشترین طول ساقه‌چه نیز مربوط به غلظت صفر (شاهد) بود (شکل ١٦).



شکل ١٥. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر طول ریشه‌چه



شکل ۱۶. اثر متقابل غلظت عصاره آبی و اندام گیاهی بر طول ساقه‌چه

بحث

این مطالعه صفات جوانه‌زنی بذر و رشد دو گونه علف‌های هرز بارهنگ برگ‌پهن و قدومه شیرازی را تحت غلظت‌های مختلف از اندام‌های ریشه، برگ و کل اندام هوایی یونجه بررسی کرد، که نتایج به‌دست‌آمده نشان داد صفات جوانه‌زنی و رشد گیاهچه علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه تحت غلظت‌های مختلف عصاره‌های آبی اندام‌های مختلف یونجه به‌طور قابل‌توجهی کمتر از تیمار غلظت صفر بودند. آللوشیمیایی‌ها بر جوانه‌زنی، رشد و نمو بذر تأثیر می‌گذارند. غلظت‌های بالاتر بر روی جوانه‌زنی بذر تأثیر منفی می‌گذارد و همچنین ممکن است باعث مهار کامل آن شود (Mousavi et al., 2021). این نتایج نشان می‌دهد که در غلظت‌های بالاتر بخصوص ۵۰ درصد و همچنین عصاره آبی حاصل از برگ یک اثر بازدارنده بارز بر رشد و جوانه‌زنی بذور هر دو علف هرز داشته است. از سوی دیگر، غلظت صفر (آب مقطر) کمترین تأثیر را بر جوانه‌زنی بذر داشت. این یافته با پژوهش رضوانی و دادخواه (۲۰۲۳) نشان می‌دهد که عصاره آبی اندام هوایی به‌تنهایی ممکن است اثر بازدارندگی قوی بر جوانه‌زنی بذر داشته باشد. هنگامی‌که بذرها در آب مقطر (شاهد) جوانه زدند ، درواقع دارای بیش‌ترین میزان درصد و سرعت جوانه‌زنی بودند. افزایش غلظت عصاره آبی شروع جوانه‌زنی را به تأخیر انداخت و در غلظت بالا به‌شدت کاهش یافت و متوقف شد. غلظت عصاره تمام صفات جوانه‌زنی در هر دو گونه را تحت تأثیر قراردادند. باتوجه به اینکه اسیدهای فنولیک در آللوپاتی اهمیت زیادی دارند و همچنین اسیدهای فنولیک مانند اسید کافئیک، اسید ترانس سینامیک، اسید هیدروسینامیک، کومارین، اسید فرولیک، اسید m–کوماریک، اسید o–کوماریک و اسید p–کوماریک گروه‌های اصلی مواد سمی گیاهی مرتبط با آللوپاتی یونجه هستند (Alrawiq et al., 2021)، می‌توان گفت دلیل کاهش خصوصیات جوانه‌زنی دو نوع علف هرز مورد مطالعه در پژوهش حاضر باشد. عصاره آبی برگ یونجه در غلظت‌های مختلف ازنظر درصد و سرعت جوانه‌زنی، دارای سطوح مختلفی از بازدارندگی بر جوانه‌زنی بذر بود. به‌طورکلی، مهار در غلظت‌های پایین در هر دو گونه حداقل بود. اثرات بازدارندگی کم عصاره گیاه قیچ (*Zygophyllum eurypterum* L) در غلظت‌های بالا نیز برای جوانه‌زنی بذر در گیاهان گندم و علف هرز تلخه نیز گزارش‌شده است (Esfandiari et al., 2023). در این مطالعه، اثر بازدارندگی عصاره بر درصد جوانه‌زنی در بالاترین غلظت‌ها مشخص بود که نشان‌دهنده آللوپاتی بالقوه گیاه یونجه است، که در مطالعاتی بررسی اثر آللوپاتی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد در گیاه سس (Zamanipour et al., 2023) و گیاهان تاج‌خروس و سلمه‌تره (Rezvani and

Dadkhah, 2023) نیز مشاهده‌شده است. آللوکمیکال-های موجود در گیاهان، به سلول‌های ریشه و ریشه‌های مویین آسیب وارد کرده و فرآیند دریافت و انتقال مواد ذخیره‌ای را با مشکل مواجه کرده که درنهایت کاهش وزن‌تر و خشک گیاهان هدف را در پی دارد (El-Khatib et al., 2004). اگرچه معمولاً اعتقاد بر این است که آللوپاتی به یک ترکیب منفرد مربوط نمی‌شود، بلکه به مجموعه‌ای از آللوشیمیایی‌ها مربوط می‌شود. بازدارندگی آللوپاتیک عصاره برگ گونه‌های علف هرز بر روی جوانه‌زنی و رشد گیاهچه برنج نشان داد که فیتوتوکسین‌های محلول در آب بیشتری تولید می‌کند که موجب کند شدن جوانه‌زنی بذر برنج می‌شوند (Lalbiakdika et al. 2022). همچنین در بذرهای جو زراعی هنگام جوانه زدن در عصاره آبی ازمک، چاودار وحشی و خاکشیر، مهار جوانه‌زنی گزارش شد (Madayeni and Tohidi Nejad, 2020)، که در این پژوهش نیز این نتایج به دست آمد. اثبات اثر دگرآسیبی اندام‌های مختلف علف هرز پنیرک بر ویژگی‌های جوانه‌زنی و رشد علف هرز سوروف و زیست‌توده تولیدی بالای آن، نشان داد که این گیاه به‌عنوان علف‌کش‌ها با منشأ طبیعی است (Tatari et al., 2020). عصاره ریشه آلاله داسی اثر بازدارندگی بسیار قوی روی قوه و قدرت نامیه بذر گندم داشت. نحوه عمل ترکیبات دگر آسیب آلاله داسی از طریق القاء تنش اکسیداتیو و ممانعت از تحریک مواد اندوخته بذری در هنگام جوانه‌زنی است که می‌تواند به دلیل حساسیت بالای فعالیت آنزیم آلفاآمیلاز به مواد دگر آسیب باشد (Tarbali, 2021). طبق یافته‌های محققین عصاره سان‌همپ فرموله شده با کیتوزان در غلظت ۲۰۰ گرم در لیتر بر کاهش جوانه‌زنی و مؤلفه‌های وابسته به آن را در بذر خردل وحشی تأییدشده است (Ahmadnia et al., 2023).

نتیجه‌گیری

غلظت‌های مختلف عصاره‌ها و اندام‌های گوناگون گیاه یونجه تأثیر متفاوتی بر خصوصیات جوانه‌زنی و رشد و نمو علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی داشتند. علف‌های هرز بارهنگ پهن‌برگ و قدومه شیرازی، تحت غلظت‌های مختلف عصاره‌های اندام‌های گیاهی گیاه یونجه قرار گرفتند. افزایش غلظت عصاره آبی موجب کاهش در صفات موردمطالعه هر دو علف هرز شد. غلظت ۵۰ درصد مانع جوانه‌زنی بذور این علف‌های هرز شد. بر تمامی صفات موردبررسی معنی‌دار بود. از بین اندام‌های مختلف گیاهی یونجه نیز، ریشه بیشترین تأثیر بازدارندگی را بر صفات مختلف موردتحقیق و مطالعه داشته بود.

References

Ahmadnia, F., Ebadi, A., Hashemi, M., Akbar Ghavidel, A., and Alebrahim, M.T. 2023. The effect of Sunn hemp extract (*Crotalaria juncea*) formulated with chitosan nanoparticle on the germination of some weeds. Journal of Seed Research, 12(45): 11-28.

Alipour Gravand, S., Amini Dehaghi, M., and Ahmadi, Kh. 2019. Evaluation of allelopathic effect of extracts of *Convolvulus arvensis* and *Malva silvestris* on germination characteristics and growth parameters of three sesame cultivars. Journal of Seed Research. 8(4): 18-8.

Alrawiq, N.S., Mohammed Grein, A.A. and Huda Salem Alrawiq. H.S., and Al-Zwi, A.M. 2021. Allelopathic effect of alfalfa residues on germination and growth of barley. International Journal of ChemTech Research. 14(01): 140-146.

Aslam, F., Khaliq, A., Matloob, A., Tanveer, A., Hussain, A., and Zahir, Z.A. 2017. Allelopathy in agro-ecosystems: A critical review of wheat allelopathy-concepts and implications. Chemoecology, 27:1-24.

Braine, J.W., Curcio, G.R., Wachowicz, C.M., and Hansel, F.A. 2012. Allelopathic effects of Araucaria angustifolia needle extracts in the growth of Lactuca sativa seeds. Journal of Forestry Research. 17(5): 440–445.

El-Khatib, A. A., A. K. Hegazy, and H.K. Gala. 2004. Does allelopathy have a role in the ecology of Chenopodium murale. Anna. Bota Fennici. 41: 37-45.

Esfandiari, S., Dadkhah, A., and Rezvani, R. 2023. Investigation of the allelopathic potential of Zygophyllum eurypterum L. plant on seed germination and seedling growth indices of *Triticum aestivum* L. plant and *Acroptilon repens* L. weed. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 12(3): 79-92.

Farooq, M., Bajwa, A.A., Cheema, S.A., and Cheema, Z.A. 2013. Application of allelopathy in crop production. Int. Journal Agric. Biology. 5: 1367–1378.

Huang, W., Reddy, V.P., Shi, G., Huang, P., Hu, H., and Hu, T. 2020. Allelopathic effects of *Cinnamomum septentrionale* leaf litter on Eucalyptus grandis saplings. Global Ecology and Conservation. e00872.

Jamwal, K., Bhattacharya, S., and Puri, S. 2018. Plant Growth Regulator Mediated Consequences of Secondary Metabolites in Medicinal Plants. Journal Appl. Res. Med. Aromat. Plants. 9: 26–38.

Lalbiakdika, I., Lalnunmawia, F., and Lalruatsanga, H. 2022. Allelopathic effect of common weeds on germination and seedling growth of rice in wetland paddy fields of Mizoram, India. Plant, Soil and Environment. 68 (8): 393-400.

Madayeni, S., and Tohidi Nejad, E. 2020. Allelopathic effects of aqueous extract of three barley cultivars (*Hordeum vulgare*) on germination and pigment content of Whitetop, Rye grass and Flixweed. Iranian Journal of Weed Science. 16(1): 147-156

Mousavi, S.S., Karami, A., Haghighi, T.M., Alizadeh, S., and Maggi, F. 2021. Phytotoxic potential and phenolic profile of extracts from *Scrophularia striata*. Plants 10: 1-18.

Pasquini, D., dos Santos Nascimento, L.B., Brunetti, C., Ferrini, F., and Gleadow, R.M. 2023. Is the Invasiveness of *Pittosporum undulatum* in Eucalypt Forests Explained by the Wide Ranging Effects of Its Secondary Metabolites? Forests. 14: 39.

Rezvani, R., and Dadkhah, A. 2023. A study of The effect of the aqueous extract of different organs of Peganum harmala L. on the germination and growth of *Amaranthus retroflexus* L. and *Chenopodium album* L. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 12(1): 1-14.

Ridenour, W.M., and Callaway, R.M. 2001. The Relative Importance of Allelopathy in Interference: The Effects of an Invasive Weed on a Native Bunchgrass. Oecologia. 126: 444–450.

Schandry, N., and Becker, C. 2020. Allelopathic Plants: Models for Studying Plant–Interkingdom Interactions. Trends Plant Sci. *25*: 176–185.

Soltys, D., Krasuska, U., Bogatek, R. and Gniazdowska, A. 2013. Allelochemicals as bioherbicides-present and perspectives. In Herbicides-current research and case studies in use (eds Price, A. J. & Kelton, J. A.) (IntechOpen, 2013).

Tarbali, R, Aliloo, A.A., and Farjami nejad, M. 2021. Inhibitory effects of root extract of *Ceratocephalus falcata* on some germination indices, seedling growth, and enzymatic activities of *Triticum aestivum* var. Sardary. Iranian Journal Seed Research. 7(2).

Tatari, M., Gholamalipour Alamdari, E., Avarseji, Z., and Zarei, M. 2020. Aqueous extract effect of different organs of *Malva sylvestris* weed on germination characteristics and photosynthetic pigments of *Echinochloa crus-galli*. Iranian Journal Seed Research. 6(2): 11

Tokasi, S., Rashed Mohasel, M., and Bannayan Aval, M. 2011. Allelopathic potential of alfalfa shoot aqueous extract on germination and seedling growth of four weed species. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(1): 60-69.

Xie, Y., Tian, L., Han, X., and Yang, Y. 2021. Research Advances in Allelopathy of Volatile Organic Compounds (VOCs) of Plants. Horticulturae. 7: 278.

Xuan, T.D., Tsuzuki, E., Tawata, S., and Khanh, T.D. 2004. Methods to determine allelopathic potential of crop plants for weed control. Allelopathic Journal. 13: 149–164.

Zamanipour, M., Piri, H., and Eskandarpour, S. 2023. Allelopathic potential effects of *Rhazya stricta* plant extract on growth control of Cuscuta campestris weed seedlings. Iran Agricultural Research. 42(1).