The allelopathic effect of apricot (*Prunus armeniaca* L.) leaf on some morphological and biochemical characteristics of monocot and dicot crops and weeds

Mohtaram Esmaili Fariman, Ali Ganjeali *, Monireh Cheniany
Department of Biology, Faculty of Science, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

Abstract

In order to evaluation of the allelopathic effects of apricot leaves on corn, bean, rye and pigweed an experiment was done with apricot aqueous leaf extract (75% w/v) and leaf powder (3% w/w) treatments and control (distilled water) during seedling stage. Experiment was carried out as a factorial experiment based on complete randomized design. In both treatments, the lowest and the highest loss percentage of shoot and root dry weight and stem and root length was observed in corn and pigweed respectively. Electrolytes leakage increased significantly in bean plants under extract and powder treatments and in rye only treated with leaf extract compared to control ($P \leq 05$). Aqueous leaf extract and leaf powder treatment decreased the chlorophyll content in bean and pigweed, while increased in corn and rye. Significant increase ($P \leq 05$) in concentration of soluble sugars in bean and corn after application of leaf aqueous extract and powder, and in rye and pigweed after application of leaf aqueous extract was observed. In bean and rye plants peroxides activity enzyme significantly increased under leaf extract and powder but in corn only on leaf powder treatment. Results showed that the leaves of apricot have an allelopathic potential and its application as aqueous extract or leaf powder has different inhibitory effects on the biochemical, physiological and developmental functions of plants. Due to the negative and significant effects of apricot leaf treatments (extract or powder) on weeds especially pigweed, it can be considered as a biological herbicide or a model for new herbicide.

Keywords: Allelopathic potential, Apricot, Biotic herbicide, Leaf powder, Pigweed, Water leaf extract

* Corresponding Author: Ganjeali@um.ac.ir

Copyright©2018, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

زیست‌شناسی گیاهی ایران، سال دهم، شمارهٔ سی و هفتم، پاییز ۱۳۹۷، صفحهٔ ۶۹-۸۲
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۸/۰۳
تاریخ بازنگری: ۱۳۹۷/۰۶/۱۸ و ۱۳۹۷/۰۷/۲۴
تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۷/۰۷/۳۰

تأثیر دگرآسیبی برگ گیاه زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی و بیوشیمیایی گیاهان زراعی و علف‌های هرز تک‌لپه و دولپه

محترم اسماعیلی فریمان، علی گنجعلی *، منیره چنیانی
گروه زیست‌شناسی، دانشکدهٔ علوم پایه، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

چکیده
برای بررسی آثار دگرآسیب برگ گیاه زردآلو بر گیاهان ذرت، لوبیا، چاودار و تاج‌خروس، آزمایشی در مرحلهٔ گیاهچه‌ای با تیمارهای عصارهٔ آبی ۷۵ درصد (وزنی - حجمی) و پودر سه درصد (وزنی - وزنی نسبت به خاک باغچه) برگ و شاهد (آبیاری‌شده با آب مقطر) به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام شد. براساس نتایج، کمترین و بیشترین درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی و ریشه، طول ساقه و ریشه به‌ترتیب در گیاه ذرت و علف هرز تاج‌خروس تیمارشده با عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو مشاهده شدند. افزایش میزان نشت الکترولیت گیاه لوبیای تیمارشده با عصارهٔ آبی و پودر و گیاه چاودار تیمارشده با عصارهٔ آبی برگ زردآلو نسبت به شاهد معنی‌دار بود. هردو نوع تیمار برگ زردآلو کاهش محتوای کلروفیل‌ها را در گیاهان لوبیا و تاج‌خروس و افزایش این رنگدانه‌ها را در ذرت و چاودار باعث شدند. تأثیر افزایش‌دهندهٔ تیمارهای عصاره و پودر در محتوای کربوهیدرات‌های محلول، در گیاهان زراعی بیشتر از علف‌های هرز بررسی‌شده بود. افزایش معنی دار فعالیت پراکسیداز در لوبیا و چاودار متأثر از هردو تیمار عصارهٔ آبی و پودر از دیگر نتایج به‌دست‌آمده بود. نتایج این بررسی نشان دادند روش کاربرد برگ گیاه زردآلو به‌صورت عصارهٔ آبی یا پودر آثار بازدارندگی متفاوت در عملکردهای بیوشیمیای، فیزیولوژیک و نموی گیاهان دارد و به‌دلیل تأثیر منفی و چشمگیر در علف‌های هرز و به‌ویژه تاج‌خروس، بررسی‌های بیشتری برای کاربرد آن به‌صورت علف‌کش زیستی باید انجام شوند.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل دگرآسیب، پودر برگ، تاج‌خروس، زردآلو، عصارهٔ آبی برگ، علف‌کش زیستی

* نگارندهٔ مسئول: نشانی پست الکترونیک: Ganjeali@um.ac.ir، شمارهٔ تماس: ۰۵۱۳۸۸۰۵۵۲۰

Copyright©2018, University of Isfahan. This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (http://creativecommons.org/licenses/BY-NC-ND/4.0), which permits others to download this work and share it with others as long as they credit it, but they cannot change it in any way or use it commercially.

مقدمه

درحال‌حاضر کنترل علف‌های هرز برای دستیابی به عملکردهای مناسب بخش مهمی از اهداف کشاورزی نوین است. بدین‌منظور، استفاده از کودهای شیمیایی هنوز هم از مهم‌ترین روش‌ها به شمار می‌رود. بدون استفاده از علف‌کش‌ها امکان تولید کافی محصولات کشاورزی برای جمعیت روبه‌رشد کنونی وجود ندارد. کاربرد علف‌کش‌ها از عوامل مؤثر در توسعهٔ کشاورزی فشرده در دهه‌های گذشته بوده است؛ به‌طوری‌که در ۵۰ سال گذشته، تولیدات زراعی به‌شدت به کودها و آفت‌کش‌های سنتزی وابسته شده‌اند (Ohno *et al.*, 2000). به‌دلیل افزایش مقاومت علف‌های هرز به علف‌کش‌ها، ضرورت کاهش هزینهٔ نهاده‌ها و عوارض زیست‌محیطی و خطرهای احتمالی آفت‌کش‌ها برای بشر،موضوع کاهش مصرف سوخت در کشاورزی مطرح شده است. این عوامل، توسعهٔ روش‌های مدیریت علف‌های هرز مبتنی‌بر کاربرد روش‌های جایگزین برای کنترل علف‌های هرز و کاربرد محدودتر و معقولانه‌تر علف‌کش‌ها را موجب شده است. دگرآسیبی روشی طبیعی و ابزاری مناسب برای کنترل زیستی علف‌های هرز با هدف تولید محصولات ایدئال است (Cheema and Khaliq, 2000; Heidarzade *et al.*, 2010). دگرآسیبی پدیده‌ای است که در آن، قارچ‌ها، ویروس‌ها، میکروارگانیسم‌ها و گیاهان متابولیت‌های ثانویه می‌سازند که اثر تحریک‌کننده یا مهاری داشته باشند (Farooq *et al.*, 2011). دگرآسیبی با کاهش در ظهور گیاه یا کاهش در رشد و عملکرد اجتماع گیاهی مشخص می‌شود (Sánchez-Moreiras, 2004). وجود پتانسیل دگرآسیب هم در گیاهان درحال‌رشد و هم در بقایای گیاهی پوسیدهٔ حاصل از آنها گزارش شده است (Kocacaliskan and Teriz, 2001). نتایج بررسی Ramezani و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند اسانس رزماری (*Rosemarinus officinalis* L.) تأثیر معنی‌داری در جوانه‌زنی علف‌های هرز گیاهان تلخه (*Acroptilon repens* L.)، تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus* L.) و خرفه (*Portulaca oleracea* L.) دارد. مواد دگرآسیب موجود در گونه‌های گیاه درمنه (*Artemisia*) کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچهٔ یولاف وحشی (*Avena ludoviciana* L.) را باعث شدند (Samedani and Baghestani Meybodi, 2005). جوانه‌زنی و رشد ریشهٔ اولیه و محور زیرلپهٔ کاهو (*Lactuca sativa* L.) با غلظت‌های زیاد عصارهٔ گونه‌های تیرهٔ اسفناجیان (Chenopodiaceae) ممانعت شدند (Jefferson and Pennacchio, 2003). تأثیر آللوکیمیکال‌ها در برخی واکنش‌های فیزیولوژیک گیاهی ازجمله تقسیم سلولی، جذب مواد غذایی، جوانه‌زنی، فتوسنتز، تنفس، نفوذپذیری غشاء، توسعهٔ ریشه، فعالیت آنزیم‌ها و همچنین تأثیر آنها بر برخی ویژگی‌های بوم‌سامانه‌های طبیعی – زراعی مانند توالی گیاهی، ساختار جامعهٔ گیاهی، غالبیت و تنوع اثبات شده است (Malik, 2005). ازآنجاکه در شرایط طبیعی، شاهد رشدنکردن گیاهان در سایه‌سار درختان زردآلو (*Prunus armeniaca* L.) هستیم و تا کنون هیچ پژوهشی بر ویژگی دگرآسیب این گیاه انجام نشده است، پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر دگرآسیب

عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو در برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی و بیوشیمیایی گیاهان زراعی لوبیا و ذرت و علف های هرز چاودار و تاج‌خروس انجام شد تا توانایی عصارهٔ آبی و پودر گیاه زردآلو در علف‌کشی زیستی برای کنترل احتمالی علف‌های هرز چاودار و تاج‌خروس بررسی شود.

مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایهٔ کاملاً تصادفی در سه تکرار و در دانشکدهٔ علوم پایهٔ دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو (*Prunus armeniaca* cv. Badami.) در برخی ویژگی‌های ریخت‌شاختی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاهان زراعی ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا (*Phasaeolous vulgaris* L.) و علف‌های هرز چاودار (*Secale cereal* L.) و تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*) بود. برای تهیهٔ عصارهٔ آبی، برگ‌های گیاه *P. armeniaca* از شهر اسفراین با موقعیت جغرافیایی ۵۷ درجه و ۳۰ دقیقهٔ طول شرقی، ۳۷ درجه و ۴ دقیقهٔ عرض شمالی و ارتفاع ۱۲۶۰ متری از سطح دریا در خردادماه جمع‌آوری شدند و در آون (مدلZeiss، شرکت Memmert، آلمان) با دمای ۵۰ درجهٔ سانتی‌گراد، به‌مدت ۷۲ ساعت خشک و سپس آسیاب (مدلMC300، شرکت Moulinex، فرانسه) شدند. به‌ازاء هر ۱۰ گرم پودر برگ، ۱۰۰ میلی‌لیتر آب‌مقطر اضافه شد و در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت روی دستگاه شیکر (مدلInnova4300، شرکت New Brunswick Scientist، آمریکا) قرار داده شد. محلول به‌دست‌آمده، از پارچهٔ تنظیف چهارلایه عبور داده شد و درنهایت، عصارهٔ آبی ۷۵ درصد (وزنی – حجمی) از آن تهیه و در دمای ۴- درجهٔ سانتی‌گراد نگه‌داری شد. برای بررسی اثر عصاره، در گلدان‌های یک کیلوگرمی که حاوی ماسه و خاک رس با نسبت ۳ به ۵ بودند، ده عدد بذر در عمق پنج سانتی‌متری خاک کاشته شدند. پس از جوانه‌زنی، گیاهچه‌ها با عصارهٔ آبی ۷۵ درصد (وزنی – حجمی) هر سه روز یک‌بار آبیاری شدند. برای بررسی اثر پودر برگ گیاه زردآلو، پودر تهیه‌شده از برگ‌های خشک زردآلو با نسبت ۳۰ گرم به‌ازاء هر کیلوگرم خاک تا عمق پنج سانتی‌متری با خاک مخلوط شد. برای پوسیدگی پودر برگی موجود در خاک، گلدان‌های کشت‌نشده به‌مدت ده روز و به‌صورت روزانه آبیاری شدند؛ سپس در هر گلدان، ده عدد بذر کاشته شدند و در اتاق شبه‌فیتوترون با دمای ۲ ± ۲۱ درجهٔ سانتی‌گراد و دورهٔ نوری با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند و رژیم آبیاری معمول، هر سه روز یک‌بار اعمال شد. گلدان‌های تیمارنشده با عصاره و پودر برگ (آبیاری‌شده با آب مقطر) نمونهٔ شاهد در نظر گرفته شدند. پس از بیست و یک روز، گیاهچه‌ها به‌آرامی از خاک خارج شدند و پس از تفکیک بخش هوایی و ریشهٔ گیاهان، برخی ویژگی‌های ریخت‌شناختی شامل طول ساقه و ریشه و وزن خشک بخش هوایی و ریشهٔ گیاهان ذرت، لوبیا، چاودار و تاج‌خروس اندازه‌گیری شدند. متغیرهایی مانند میزان نشت الکترولیت، محتوای رنگدانه‌ها،

پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی گایاکول پراکسیداز (GPX) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) نیز در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شدند. میزان نشت الکترولیت غشای سلولی ۰/۱ گرم بافت برگ دوم با رابطهٔ ۱ محاسبه شد (Valentovič *et al.*, 2006).

رابطهٔ ۱ $(E_1/E_2) \times ۱۰۰ =$ نشت الکترولیت

در رابطهٔ ۱، E_1 و E_2، هدایت الکتریکی محلول دارای برگ به‌ترتیب قبل و پس از جوشاندن هستند.

مقادیر کلروفیل a و b برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه با روش آرنون اندازه‌گیری شدند (Arnon, 1967). برای استخراج و اندازه‌گیری محتوای پرولین از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) و برای اندازه‌گیری محتوای کربوهیدرات‌های محلول از روش Dubois و همکاران (۱۹۵۶) استفاده شد. فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز با سوبسترای گایاکول اندازه‌گیری و میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول هیدروژن پراکسید (H_2O_2) در دقیقه به‌ازاء هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد (ضریب خاموشی=۲۶/۶ بر میلی‌مولار ربر سانتی‌متر) (Plewa *et al.*, 1991). سنجش فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز برمبنای بررسی ۵۰ درصد بازدارندگی احیای نوری نیترو بلو تترازولیوم (NBT) در حضور ریبوفلاوین و متیونین و در طول‌موج ۵۶۰ نانومتر انجام شد و فعالیت آنزیمی بر حسب واحد آنزیم بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (Beauchamp and Fridovich, 1971). اندازه‌گیری محتوای پروتئین کل برای بررسی‌های آنزیمی براساس روش Bradford (۱۹۷۶) انجام شد.

تحلیل آماری: در پایان آزمایش، با نرم‌افزار SPSS (نسخهٔ ۱۸)، تجزیهٔ واریانس داده‌ها و مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن ($P\leq ۰/۰۵$) انجام و نمودارها با نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

نتایج

نتایج مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان دادند در گیاهان تک‌لپهٔ چاودار و ذرت، تیمار با پودر برگ زردآلو نسبت به عصارهٔ آبی آن تأثیر بیشتری در درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد داشت؛ هرچند تفاوت مشاهده‌شده ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود. درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد گیاه لوبیای تیمارشده با عصارهٔ آبی برگ زردآلو بیشتر از پودر برگ بود؛ اما این تفاوت، معنی‌دار نبود. مقدار وزن خشک بخش هوایی گیاه تاج‌خروس در تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو به‌ترتیب ۱۲/۵ و ۱۰۰ درصد نسبت به گیاهان شاهد کاهش معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) داشت (جدول ۱). تأثیر بیشتر تیمار پودر برگ نسبت به عصارهٔ آبی برگ زردآلو در درصد کاهش وزن خشک ریشهٔ گیاهان تک‌لپهٔ ذرت و چاودار نسبت به گیاهان شاهد ازلحاظ آماری معنی‌دار نبود. در گیاهان دولپهٔ لوبیا و تاج‌خروس، افزایش تأثیر تیمار پودر برگ زردآلو نسبت به عصارهٔ آبی در درصد کاهش وزن خشک ریشه به‌ترتیب ۲۹/۲ و ۶۵/۳ درصد بود؛ اما این تفاوت تنها در گیاه تاج‌خروس معنی‌دار بود ($P\leq ۰/۰۵$) (جدول ۱).

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان دادند طول ساقهٔ گیاه ذرت در تیمار با عصارهٔ آبی برگ زردآلو ۱/۷ درصد نسبت به گیاه شاهد کاهش یافت؛ اما تیمار با

پودر برگ افزایش ۴/۱۵ درصدی طول ساقهٔ این گیاه را نسبت به شاهد موجب شد. هر دو نوع تیمار اعمال‌شده بر علف‌هرز چاودار کاهش معنی‌دار طول ساقه را نسبت به شاهد موجب شدند (P≤۰/۰۵). تأثیر تیمارهای پودر و عصارهٔ آبی برگ در درصد کاهش طول ساقهٔ گیاهان دولپهٔ لوبیا و تاج‌خروس نسبت به شاهد مثبت بود (جدول ۱).

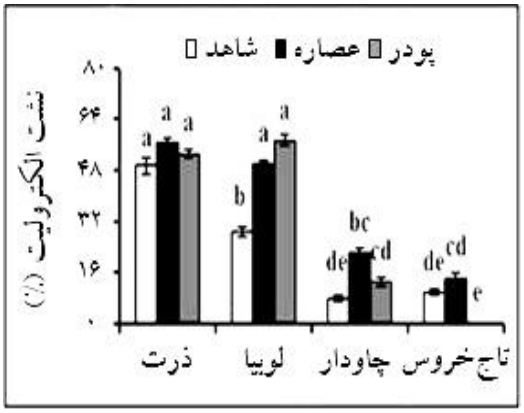
نتایج درصد کاهش طول ریشه نسبت به شاهد نشان دادند تأثیر کاهشی تیمار پودر برگ زردآلو در همهٔ گیاهان بررسی‌شده بیشتر از تیمار عصارهٔ برگ زردآلو بود. بیشترین درصد کاهش طول ریشه در گیاهان تاج‌خروس و سپس لوبیا در تیمار با پودر برگ زردآلو مشاهده شد (جدول ۱).

جدول ۱- تأثیر تیمارهای پودر برگ زردآلو (*P. armeniaca*) و عصارهٔ آبی آن با غلظت ۷۵ درصد در درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد، وزن خشک ریشه نسبت به شاهد، طول ساقه نسبت به شاهد و طول ریشه نسبت به شاهد در گونه‌های گیاهی بررسی‌شده- مقادیر، میانگین سه تکرار ± StD هستند. حروف متفاوت، بیان‌کنندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ با آزمون دانکن هستند.

گونهٔ گیاهی	نوع تیمار	درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی به شاهد	درصد کاهش وزن خشک ریشه به شاهد	درصد کاهش طول ساقه به شاهد	درصد کاهش طول ریشه به شاهد
ذرت (*Zea mays*)	عصارهٔ آبی برگ زردآلو	۰/۵۳±۰/۱۸ ^{b}	۱۸/۸۳±۲/۳ ^{bc}	۱/۷۰±۰/۳۱ ^{c}	۰/۹۹±۰/۳۰ ^{e}
	پودر برگ زردآلو	۹/۲۰±۲/۸ ^{b}	۲۶/۰۶±۵/۸ ^{b}	۴/۵۳±۰/۴۱ ^{c}	۲۰/۱۶±۳/۱ ^{c}
لوبیا (*Phasaeolous vulgaris*)	عصارهٔ آبی برگ زردآلو	۲۳/۲۳±۳/۳ ^{b}	۱۴/۱۶±۱/۲ ^{bc}	۲۷/۶۳±۳/۰ ^{b}	۳۲/۷۰±۳/۲ ^{b}
	پودر برگ زردآلو	۳/۶۶±۱/۵ ^{b}	۳۳/۵۶±۵/۶ ^{b}	۳/۱۳±۲/۱ ^{c}	۳۹/۹۰±۳/۰ ^{b}
چاودار (*Secale cereale*)	عصارهٔ آبی برگ زردآلو	۲۱/۶۶±۳/۶ ^{b}	۱۶/۶۷±۴/۵ ^{bc}	۲/۴۶±۱/۴ ^{c}	۲/۹۰±۱/۷ ^{e}
	پودر برگ زردآلو	۱۴/۳۳±۳/۸ ^{b}	۱۹/۴۷±۴/۰ ^{bc}	۴/۳۷±۰/۳ ^{c}	۱۲/۶۷±۲/۳ ^{cd}
تاج‌خروس (*Amaranthus retroflexus*)	عصارهٔ آبی برگ زردآلو	۱۲/۵±۳/۱ ^{b}	۲۷/۵۳±۳/۰ ^{b}	۲/۰۳±۰/۴ ^{c}	۶/۷۳±۲/۳ ^{de}
	پودر برگ زردآلو	۱۰۰/۰۰±۰/۰ ^{a}	۱۰۰/۰۰±۰/۰ ^{a}	۱۰۰/۰۰±۰/۰ ^{a}	۱۰۰/۰۰±۰/۰ ^{a}

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی نشت الکترولیت یون‌ها حاکی از آن است که میزان نشت الکترولیت گونه‌های گیاهی بررسی‌شده تحت تأثیر تیمارهای عصاره آبی و پودر برگ زردآلو نسبت به شاهد افزایش یافت. هرچند افزایش نشت الکترولیت‌ها در گیاه تک‌لپه ذرت متاثر از تیمارهای عصاره آبی و پودر برگ نسبت به شاهد معنی‌دار نبود؛ اما این افزایش در علف هرز تک‌لپه چاودار تحت تیمار با عصاره آبی برگ (نسبت به شاهد) معنی‌دار بود(P≤۰/۰۵). میزان نشت الکترولیت‌ها در گیاه لوبیا تیمار شده با عصاره آبی و پودر برگ زردآلو به ترتیب ۴۹/۹۶ و ۵۷/۲۸ درصد، افزایش معنی‌دار نسبت به گیاهان شاهد داشت. افزایش میزان نشت الکترولیت در علف هرز تاج‌خروس در تیمار عصاره آبی برگ نسبت به شاهد معنی دار نبود و با توجه به این که تیمار با پودر برگ زردآلو باعث

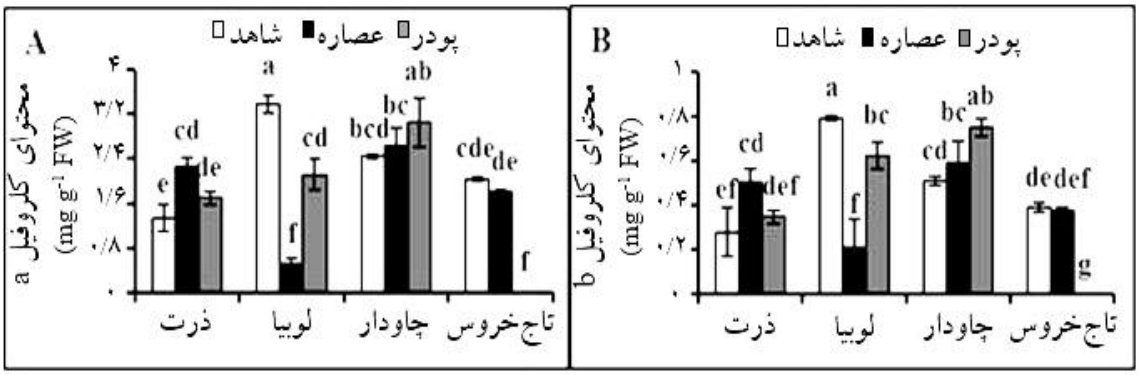
توقف کامل رشد گیاهچه‌های تاج‌خروس شد، اندازه‌گیری میزان نشت الکترولیت آن میسر نشد (شکل ۱).



شکل ۱- تأثیر تیمارهای پودر برگ زردآلو (*P. armeniaca*) و عصارهٔ آبی آن با غلظت ۷۵ درصد در میزان نشت الکترولیت در گونه‌های گیاهی بررسی‌شده- مقادیر، میانگین سه تکرار ± StD هستند. حروف متفاوت، بیان‌کنندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ با آزمون دانکن هستند.

مقایسهٔ میانگین داده‌ها نشان دادند هردو تیمار عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو محتوای کلروفیل a و b را در گیاهان تک‌لپهٔ ذرت و چاودار افزایش و در گیاهان دولپهٔ لوبیا و تاج‌خروس کاهش دادند (شکل۲). افزایش محتوای کلروفیل a برگ ذرت در تیمار با عصارهٔ آبی برگ زردآلو نسبت به شاهد معنی‌دار بود؛ ولی این افزایش در علف‌هرز چاودار متأثر از تیمارهای عصاره و پودر برگ زردآلو نسبت به شاهد معنی‌دار نبود. کاهش معنی‌دار محتوای کلروفیل a برگ لوبیا در تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو نسبت به شاهد، چشمگیرتر از این کاهش در علف‌هرز تاج‌خروس بود (شکل ۲- A). افزایش محتوای کلروفیل b در ذرت تیمارشده با عصارهٔ آبی و در چاودار تیمارشده با پودر برگ زردآلو نسبت به شاهد معنی‌دار بود. اگرچه تفاوت معنی‌داری بین کاهش محتوای کلروفیل b متأثر از تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگ در گیاه لوبیا نسبت به شاهد مشاهده شد، این تغییرات در علف‌هرز تاج‌خروس تیمارشده با هردو تیمار معنی‌دار نبود (P≤۰/۰۵) (شکل ۲- B).

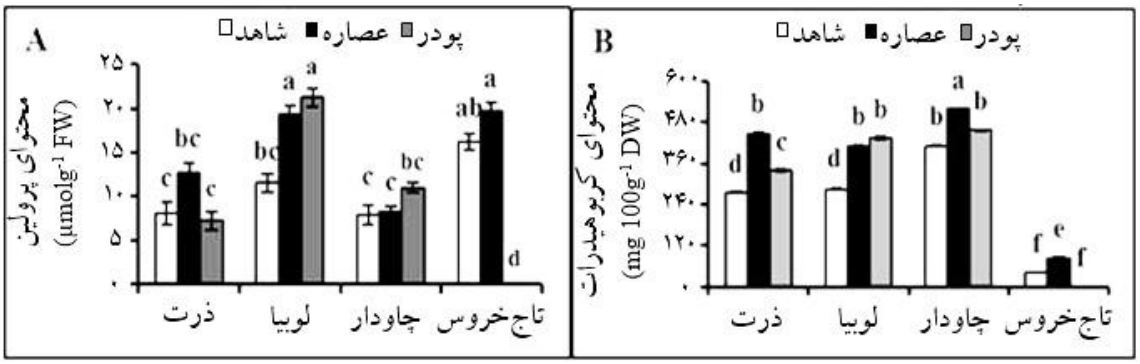
براساس نتایج، محتوای پرولین در گیاهچه‌های ذرت تیمارشده با عصارهٔ آبی برگ زردآلو افزایش و در تیمار پودر برگی کاهش یافت؛ هرچند تغییرات مشاهده‌شده نسبت به شاهد معنی‌دار نبودند (P≤۰/۰۵).



شکل ۲- تأثیر تیمارهای پودر برگ زردآلو (*P. armeniaca*) و عصارهٔ آبی آن با غلظت ۷۵ درصد در محتوای کلروفیل a (A) و کلروفیل b (B) گونه‌های گیاهی بررسی‌شده- مقادیر، میانگین سه تکرار ± StD هستند. حروف متفاوت، بیان‌کنندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ با آزمون دانکن هستند.

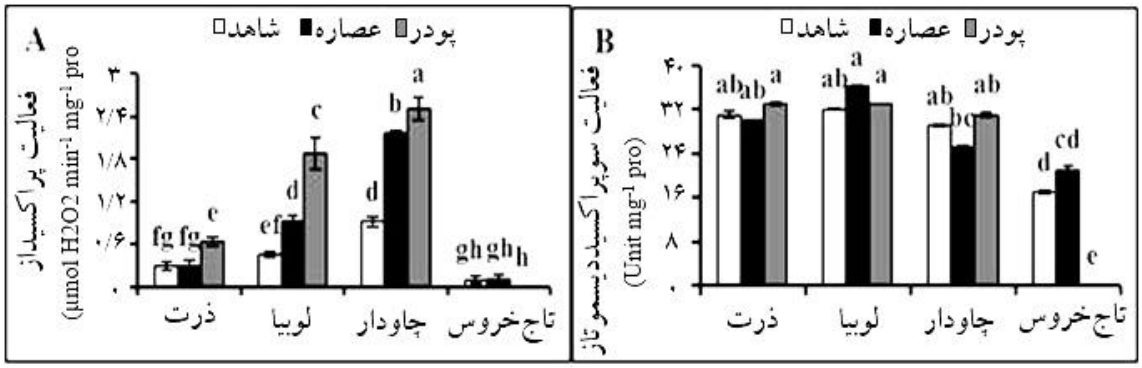
افزایش معنی‌دار محتوای پرولین در گیاه لوبیا متأثراز هردو تیمار و افزایش غیرمعنی‌دار آن در گیاه چاودار از دیگر نتایج به‌دست‌آمده در این بخش بودند.

درعلف‌هرز تاج‌خروس تیمارشده با عصارهٔ آبی نیز افزایش جزئی و غیرمعنی‌دار در محتوای پرولین نسبت به شاهد مشاهده شد (شکل ۳- A). بررسی محتوای کربوهیدرات‌های محلول نشان داد تأثیر افزایش‌دهندهٔ تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگی در محتوای این دسته از ترکیبات، در گیاهان زراعی بیشتر از علف‌های هرز بررسی‌شده بود. برای نمونه در گیاه تک‌لپهٔ ذرت کاربرد عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو افزایش معنی‌دار به‌ترتیب ۱/۷۷ و ۱/۲۳ درصدی محتوای کربوهیدرات‌های محلول را نسبت به گیاهان شاهد سبب شد. این افزایش محتوا درگیاه لوبیا متأثر از هردو تیمار نسبت به گیاهان شاهد نیز معنی‌دار بود. اگرچه اثر تیمار عصارهٔ آبی افزایش معنی‌دار محتوای کربوهیدرات‌های محلول علف‌های هرز را نسبت به شاهد موجب شد، تأثیر افزایشی تیمار پودر برگی درمحتوای این دسته از قندهای محلول علف‌های هرز معنی‌دار نبود ($P\leq ۰/۰۵$) (شکل ۳- B).



شکل ۳- تأثیر تیمارهای پودر برگ زردآلو (*P. armeniaca*) و عصارهٔ آبی آن با غلظت ۷۵ درصد در محتوای پرولین (A) و کربوهیدرات (B) گونه‌های گیاهی بررسی‌شده- مقادیر، میانگین سه تکرار ± StD هستند. حروف متفاوت، بیان‌کنندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح $P\leq ۰/۰۵$ با آزمون دانکن هستند.

نتایج به‌دست‌آمده از بررسی فعالیت آنزیم پراکسیداز نمونه‌ها نشان دادند فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاه تک‌لپهٔ ذرت تیمارشده با پودر برگ و در علف هرز تک‌لپهٔ چاودار تیمارشده با عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت. فعالیت آنزیم پراکسیداز در گیاهان دولپهٔ لوبیا و تاج‌خروس نیز بر اثر تیمارهای عصاره و پودر برگ زردآلو افزایش یافت که این افزایش تنها در گیاه لوبیا نسبت به شاهد معنی‌دار ($P\leq ۰/۰۵$) بود (شکل ۴- A). تغییرات میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز گیاهان تک‌لپه و دولپه دربرابر تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو مخالف هم بودند. میزان فعالیت آنزیم یادشده، در گیاهان تک‌لپهٔ ذرت و چاودار تیمارشده با عصارهٔ آبی کاهش و در تیمار با پودر افزایش یافت؛ هرچند این تغییرات نسبت به گیاهان شاهد معنی‌دار نبودند. میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه لوبیا متأثر از



شکل ۴- تأثیر تیمارهای پودر برگ زردآلو (*P. armeniaca*) و عصارهٔ آبی آن با غلظت ۷۵ درصد در میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی پراکسیداز (A) و سوپراکسید دیسموتاز (B) گونه‌های گیاهی بررسی‌شده- مقادیر، میانگین سه تکرار ± StD هستند. حروف متفاوت، بیان‌کنندهٔ تفاوت معنی‌دار در سطح P≤۰/۰۵ با آزمون دانکن هستند.

تیمارهای عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو و در تاج‌خروس متأثر از تیمار عصارهٔ آبی نسبت به شاهد افزایش یافت. اندازه گیری فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، با توقف رشد گیاهچه‌های تاج‌خروس تیمارشده با پودر برگ زردآلو ممکن نشد (شکل ۴- B).

بحث

نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان دادند در گونه‌های گیاهی بررسی‌شده، کمترین درصد کاهش وزن خشک بخش هوایی نسبت به شاهد مربوط به گیاه زراعی ذرت در هردو تیمار عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو و بیشترین آن مربوط به علف هرز تاج‌خروس تیمارشده با پودر برگ زردآلو بود. در گونه‌های گیاهی بررسی‌شده درصد کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد در تیمار با پودر برگ زردآلو بیشتر از عصارهٔ آن بود؛ به‌طوری‌که بیشترین و کمترین درصد کاهش وزن خشک ریشه نسبت به شاهد به‌ترتیب مربوط به علف هرز تاج‌خروس متأثر از تیمار پودر برگ زردآلو و گیاه زراعی لوبیا در تیمار با عصارهٔ آن بود. همچنین کمترین درصد کاهش طول ساقه و ریشه نسبت به شاهد مربوط به گیاه زراعی تک‌لپهٔ ذرت و بیشترین درصد کاهش مربوط به علف هرز دولپهٔ تاج‌خروس تیمارشده با پودر برگ زردآلو بود. همچنین تأثیر منفی تیمار با پودر در طول ریشهٔ گیاهان بررسی‌شده، بیشتر از تیمار با عصارهٔ آبی برگ بود. نتایج پژوهش حاضر مربوط به بررسی صفات رویشی، مطابق با اثر ممانعتی عصارهٔ آبی سلمه‌تره و تاج‌خروس در طویل‌شدن ریشهٔ اولیه و محور زیرلپهٔ ذرت هستند (Bond *et al.*, 2007). همچنین بررسی اثر دگرآسیب عصارهٔ آبی بخش هوایی نخود در دورهٔ گیاهچه‌ای ذرت نشان داد عصارهٔ آبی این گیاه کاهش رشد ریشهٔ اولیه و محور زیرلپهٔ ذرت را باعث شد و با افزایش غلظت عصارهٔ آبی از ۵ تا ۱۵ درصد، طول ریشهٔ اولیه و محور زیرلپهٔ ذرت به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند (Semere and Froud, 2001). یکی از عوامل تأثیرگذار بر رشد طولی ریشه و ساقه، هورمون تنظیم‌کنندهٔ رشد طولی سلول و تقسیمات آن یعنی اکسین است؛ بنابراین هرگونه اختلال در عمل این هورمون بازدارندگی یا کاهش رشد گیاه را موجب

می‌شود. برمبنای نتایج بررسی‌ها، برخی از ترکیبات دگرآسیب با ممانعت از انتقال اکسین، در مقادیر طبیعی این هورمون اختلال ایجاد می‌کنند و به توقف رشد و ایجاد ساختار غیرطبیعی در اندام درحال‌رشد منجر می‌شوند (Turk and Tawaha, 2003). براساس نتایج پژوهش حاضر، میزان نشت الکترولیت در گیاهان ذرت، لوبیا، چاودار و تاج‌خروس تیمارشده با عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو روند افزایشی داشت. به‌تازگی پیشنهاد شده است آللوکمیکال‌ها عوامل افزایش‌دهندهٔ مقدار ROS های تولیدی و بروز تنش اکسیداتیو در گیاهان هستند (Weir *et al.*, 2004). نتیجهٔ کاستی در سازوکارهای دفاعی، افزایش میزان نشانگرهای تنش اکسیداتیو مانند هیدروژن پراکسید، مالون‌دی‌آلدهید و میزان نشت الکترولیت‌ها است (Esfandiari *et al.*, 2008; Hoseini *et al.*, 2016). مطابق با این نتایج در پژوهشی مشخص شد نشت یونی دو گونهٔ جو و باقلای تیمارشده با عصارهٔ آبی بومادران به‌طور درخورتوجهی افزایش یافت. این مسئله نشان می‌دهد عصارهٔ آبی گیاه بومادران ممکن است تنش و درنتیجه اختلال را در تمامیت غشاء موجب شود (Darier and Tammam, 2012). در پژوهش حاضر اثر دگرآسیب برگ زردآلو در محتوای کلروفیل a و b گیاهان تک‌لپه و دولپه متفاوت از یکدیگر بود؛ به‌طوری‌که محتوای کلروفیل a و b در هردو تیمار عصارهٔ آبی و پودر برگ زدآلو در گیاهان تک‌لپهٔ ذرت و چاودار روند افزایشی داشت؛ درحالی‌که این محتوا در گیاهان دولپهٔ لوبیا و تاج‌خروس روند کاهشی نشان داد. ثابت شده است هنگام بروز تنش آللوکیمیکال‌ها، غلظت هورمون‌های آبسزیک اسید و اتیلن افزایش می‌یابد و این هورمون‌ها اثر تحریک‌کننده در فعالیت آنزیم کلروفیلاز دارند. کلروفیلاز با جداکردن فیتول از کلروفیل و تشکیل کلروفیلید نقش مهمی در روند تجزیهٔ کلروفیل دارد (Mighani, 2003). نتایج پژوهش‌های متعدد به آثار کاهش‌دهندهٔ آللوکمیکال‌ها در محتوای رنگدانه‌های کروفیل اشاره دارند. کاهش محتوای کلروفیلa، b و کلروفیل کل در گیاه ذرت تیمارشده با عصارهٔ آبی ساقهٔ آفتابگردان مکزیکی (Oyerinde *et al.*, 2009) و همچنین کاهش تجمع کلروفیل در گیاهچه‌های ماش بر اثر استفاده از تیمار عصارهٔ فلفل دلمه‌ای رخ داد (Siddiqui and Zaman, 2005). نتایج پژوهش Kamal و Bano (۲۰۰۹) نیز افزایش محتوای کلروفیل گیاه گندم را بر اثر تیمار عصارهٔ برگ آفتابگردان (Kamal and Bano, 2009) نشان دادند.

در پژوهش حاضر، محتوای پرولین گیاهان ذرت، لوبیا، چاودار و تاج‌خروس در تیمار عصارهٔ آبی برگ زردآلو روند افزایشی داشت. همچنین با افزودن پودر برگ زردآلو محتوای پرولین در گیاهان ذرت و لوبیا روند کاهشی و در چاودار روند افزایشی داشت. مطابق با این نتایج در پژوهشی گزارش شده است تأثیر مواد دگرآسیب موجود در برگ گیاه آفتاب‌پرست (*Heliotropium europaeum* L.) افزایش معنی‌دار محتوای پرولین گیاه تربچه را موجب شد (Kalantar *et al.*, 2008). آللوکمیکال‌ها مانند بسیاری از تنش‌های زیستی، تغییر در تجمع اسمولیت‌های سازگار ازجمله پرولین را در گیاه باعث می‌شوند. پرولین علاوه‌براینکه تنظیم‌کنندهٔ اسمزی (Mosleh *et al.*,

(2018 است، در محافظت از آنزیم‌ها دربرابر تخریب، حفظ انحلال پروتئین‌ها و ماهیت غشایی، حذف رادیکال‌های آزاد، تنظیم پتانسیل ردوکس و غیره نقش دارد (Rhodes, 2004)؛ ازاین‌رو افزایش پرولین دربرابر تنش‌ها ازجمله آسیب‌های دگرآسیب، واکنشی مثبت در نظر گرفته می‌شود.

تیمارهای عصاره و پودر برگ گیاه زردآلو آثار دگرآسیب در محتوای کربوهیدرات‌های محلول گیاهان ذرت، لوبیا، چاودار و تاج‌خروس داشتند؛ به‌طوری‌که افزایش محتوای کربوهیدرات‌های محلول همهٔ گیاهان بررسی‌شده را موجب شدند. Saraei و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند محتوای قندهای محلول در اندام‌های هوایی و ریشهٔ گیاه جو و خاکشیر در تیمار با عصارهٔ دانه و برگ گیاه اکالیپتوس، در همهٔ غلظت‌های استفاده‌شده نسبت به شاهد افزایش یافت. نتایج بررسی دیگر نشان دادند محتوای کربوهیدرات‌های ریشه‌های گیاه کلم‌پیچ تیمارشده با بنزوئیک اسید بیشتر از گیاهان شاهد بود؛ به‌طوری‌که در تیمار ۱۰۰۰ میکرومولار بنزوئیک اسید محتوای کربوهیدرات حدود ۱۸۹ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (Chum *et al*., 2012). افزایش محتوای قندهای محلول، نوعی سازوکار سازگاری است که بهبود تحمل به تنش اسمزی ناشی از تنش‌های دیگر را موجب می‌شود (Bohnert and Jensen, 1996)؛ زیرا تجمع قندها به حفظ تورژسانس بافت‌های تنش‌دیده کمک می‌کند (Morgan, 1984). تجمع قندهای محلول ضمن کمک به تنظیم اسمزی، برای جبران کاهش انرژی که از پدیده‌های رایج دربرابر تنش آللوکمیکال‌هاست سوبسترای تنفسی لازم را فراهم می‌کند تا با حفظ رشد گیاه به بقای آن در این شرایط نیز کمک کند (El-Khawas and Shehata, 2005). در پژوهش حاضر تیمار با عصارهٔ آبی برگ زردآلو میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز را در گیاهان ذرت و چاودار کاهش و در گیاهان لوبیا و تاج‌خروس افزایش داد؛ ولی این تغییرات نسبت به شاهد معنی‌دار نبودند؛ درحالی‌که با افزودن پودر برگ، میزان فعالیت آنزیم یادشده در همهٔ گونه‌های گیاهی بررسی‌شده روند افزایشی داشت. آنزیم سوپراکسید دیسموتاز، بسیاری از رادیکال‌های آزاد فعال را با روند تبدیل آنها به هیدروژن پراکسید از بین می‌برد؛ سپس هیدروژن پراکسید با کاتالاز در پراکسیزوم، آسکوربات پراکسیداز در کلروپلاست و سیتوسل و گلوتاتیون پراکسیداز در دیوارهٔ سلولی کاهش می‌یابد (Blokhina *et al*., 2003). نتایج پژوهش حاضر همبستگی مثبتی بین میزان فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و تحمل آنها دربرابر آثار دگرآسیب برگ زردآلو نشان ندادند؛ درحالی‌که فعالیت آنزیم پراکسیداز در تیمار عصاره و پودر برگ زردآلو در گیاهان ذرت، چاودار، لوبیا و تاج‌خروس روند افزایشی داشت. مطابق با این نتایج، افزایش فعالیت آنزیم پراکسیداز در گندم تیمارشده با عصارهٔ آبی برگ اوکالیپتوس گزارش شد (Ziaebrahimi *et al*., 2007). در همهٔ فرایندهای فیزیولوژیک و متابولیک گیاهان مادهٔ سمی آب‌اکسیژنه ایجاد می‌شود. این ماده در پاسخ به عوامل بیماری‌زا، ضعف‌های فیزیولوژیک و

تنش‌های محیطی، بیشتر از مقدار طبیعی تولید می‌شود. گیاه برای مقابله با افزایش مادهٔ سمی آب‌اکسیژنه به فعالیت بیشتر آنزیم پراکسیداز نیاز دارد (Castillo and Greppin, 1986). به‌همین‌دلیل آنزیم پراکسیداز مهم‌ترین آنزیم شاخص تنش‌های محیطی ازجمله دگرآسیب شناخته می‌شود (Korori *et al.*, 1992; Kenary *et al.*, 2016). نتایج به‌دست‌آمده از پژوهش حاضر نشان دادند تیمار با عصاره و پودر برگ زردآلو بروز تنش دگرآسیب را در گیاهان بررسی‌شده موجب می‌شود؛ به‌طوری‌که یکی از پیامدهای آن، افزایش فعالیت آنزیم‌پراکسیداز است که سازوکاری دفاعی در برابر این تنش است.

جمع‌بندی

نتایج پژوهش حاضر برای نخستین بار نشان دادند برگ گیاه زردآلو توانایی دگرآسیب دارد و کاربرد آن به‌صورت عصارهٔ آبی یا پودر برگ آثار بازدارندگی متفاوت بر عملکردهای بیوشیمیایی، فیزیولوژیک و نموی گیاهان دارد. براساس نتایج پژوهش حاضر به‌طورکلی آثار ممانعت‌کنندگی عصاره و پودر برگ زردآلو در گیاهان تک‌لپهٔ زراعی و علف هرز کمتر از گیاهان دولپهٔ زراعی و علف هرز بودند. بین گیاهان تک‌لپه، گیاه زراعی ذرت نسبت به علف هرز چاودار حساسیت کمتری به آثار دگرآسیب برگ زردآلو نشان داد. نکتهٔ درخورتوجه آن بود که در گیاهان دولپه نیز قدرت بازدارندگی هردو نوع تیمار برگ زردآلو بر گیاه زراعی لوبیا نسبت به علف هرز تاج‌خروس کمتر بود. بین علف‌های هرز، تأثیر بازدارندگی عصارهٔ آبی و پودر برگ زردآلو در علف هرز تک‌لپهٔ چاودار چندان مشهود نبود؛ اما اثر بازدارندهٔ برگ زردآلو در علف هرز دولپهٔ تاج‌خروس بسیار شدید بود؛ به‌طوری‌که کاربرد برگ به‌صورت پودر از جوانه‌زنی بذر و ادامهٔ رشد گیاهچه‌های تاج‌خروس به‌طورکامل جلوگیری کرد؛ بنابراین ادامهٔ بررسی‌ها و تلاش برای شناسایی دقیق ماهیت شیمیایی ترکیبات دگرآسیب برگ زردآلو و عوامل مؤثر بر این ترکیبات، راه‌گشای انجام بررسی‌های کامل‌تر مبتنی بر مدیریت و کنترل زیستی علف‌های هرز است.

سپاسگزاری

نگارندگان از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد بابت تأمین هزینه‌های پژوهش حاضر از محل اعتبارات متمرکز این معاونت با شمارهٔ کد طرح ۲۲۹۱-۱۳۹۴ سپاسگزاری می‌کنند.

منابع

Arnon, A. N. (1967) Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal 23: 112-121.

Bates, L. S., Waldren, R. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.

Beauchamp, C. and Fridovich, I. (1971) Superoxide dismutase: improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. Analytical Biochemistry 44: 276-287.

Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K. V. (2003) Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. Annals of Botany 91: 179-194.

Bohnert, H. J. and Jensen, R. G. (1996) Strategies for engineering water stress tolerance in plants. Trends in Biotechnology 14: 89-97.

Bond, W., Davies, G. and Turner, R. (2007) The biology and non-chemical control of common amaranth (*Amarantus retroflexus* L.). John Wiley and Sons, Inc, New York. Bradford, M. (1976) Rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-258.

Castillo, F. J. and Greppin, H. (1986) Balance between anionic and cationic extracellular peroxidase activities in *Sedum album* leaves after ozone exposure. Analysis by high-performance liquid chromatography. Physiologia Plantarum 68: 201-208.

Cheema, Z. A. and Khaliq, A. (2000) Use of sorghum allelopathic properties to control weeds in irrigated wheat in a semi arid region of Punjab. Agriculture, Ecosystems and Environmental 79: 105-112.

Chum, M., Batish, D. R., Singh, H. P. and Kohli, R. K. (2012) Phytotoxic effect of 2-benzoxazolinone (BOA) against some vegetable crops. Journal of Environmental Biology 33: 21-25.

Darier, S. M. and Tammam, A. A. (2012) Potentially phytotoxic effect of aqueous extract of *Achillea santolina* induced oxidative stress on *Vicia faba* and *Hordeum vulgare*. Romanian Journal of Biology: Plant Biology. 57: 1-78.

Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A. and Smith, F. (1956) Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry 28: 350-356.

El-Khawas, S. A. and Shehata, M. M. (2005) The allelopathic potentialities of *Acacia nilotica* and *Eucalyptus rostrata* on monocot (*Zea mays* L.) and Dicot (*Phaseolus vulgaris* L.) plants. Biotechnology 4: 23-34.

Esfandiari, E., Mahboob, S. A. and Shekari, F. (2008) The destructive effects of the active oxygen species, the protective mechanisms of the plant and the need to pay attention to them. 10th Iranian Crop Sciences Congress, Karaj, Iran (in Persian).

Farooq, M., Jabran, K., Cheema, Z. A., Wahid, A. and Siddique, K. H. (2011) The role of allelopathy in agricultural pest management. Pest Management Science 67: 493-506.

Heidarzade, A., Pirdashti, H. and Esmaeili, M. (2010) Quantification of allelopathic substances and inhibitory potential in root exudates of rice (*Oryza sativa*) varieties on barnyardgrass (*Echinochloa crus-galli* L.). Plant Omics Journal 3: 204-209.

Hoseini, S. S., Cheniany, M., Lahouti, M. and Ganjeali, A. (2016) Evaluation of resistance to drought stress in seedlings of two lines of triticale (*Triticosecale* × *Wittmack*) with emphasis on some enzymatic and non-enzymatic antioxidants. Iranian Journal of Plant Biology 8(30): 27-42 (in Persian).

Jefferson, L. V. and Pennacchio, M. (2003) Allelopathic effects of foliage extracts from four Chenopodiaceae species on seed germination. Journal of Arid Environment 155: 275-285.

Kalantar, A., Nojavan, M. and Naghashbandi, N. (2008) Chemical stress induced by heliotrope (*Helitropium europaeum* L.) allelochemicals and increased activity of antioxidant enzymes. Pakistan Journal of Biological Sciences 11: 915-919.

Kamal, J. and Bano, A. (2009) Efficiency of allelopathy of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on physiology of wheat (*Triticum aestivum* L.). African Journal of Biotechnology 8: 3555-3559.

Kenary, S. E., Hosseinzadeh Namin, M. and Kiarostami, Kh. (2016) Allelopathic effects of umbrella sedge (*Cyperus difformis* L.) weed on tilleing, flowering and grain ripening stages of rice (*Oryza sativa* L. cv. Tarom mahalli). Iranian Journal of Plant Biology 8(28): 15-31 (in Persian).

Kocacaliskan, I. and Terzi, I. (2001) Allelopathic effect of walnut leaf

extracts and juglone on seed germination and seedling growth. Journal of Horticultural Science and Biotechnology 76: 436-440.

Korori, S. A. A., Hinterstoisser, B., Lang, H. P. and Ebermann, R. (1992) Seasonal alteration of plant peroxidase isoenzyme pattern in *Larix decidua*. Phyton 32: 307-313.

Malik, A. (2005) Allelopathy, advances, challenges and opportunities. Proceedings of the 4th World Congress on Allelopathy. Charles Sturt University, Wagga Wagga, Australia. 3-11.

Mighani, F. (2003) Allelopathy theatrical to practical. Parto Vaghea Publications, Tehran (in Persian).

Morgan, J. M. (1984) Osmoregulation and Water Stress in Higher Plants. Annual Review of Plant Physiology 35: 299-319.

Mosleh, A. A., Rafiei, A., Tabandeh, A. and Azimzadeh, H. (2018) Morphological and physiological responses of root and leave in *Gleditchia caspica* to salinity stress. Iranian Journal of Plant Biology 9(4): 1-12 (in Persian).

Ohno, T., Doolan, K., Zibilske, L. M., Liebman, M., Gallandt, E. R. and Berube, C. (2000) Phytotoxic effects of red clover amended soils on wild mustard seedling growth. Agriculture, Ecosystems and Environment 78: 187-192.

Oyerinde, R., Otusanya, O. O. and Akpor, O. (2009) Allelopathic effect of *Tithonia diversifolia* on the germination, growth and chlorophyll contents of maize (*Zea mays* L.). Scientific Research and Essays 4: 1553-1558.

Plewa, M. J., Smith, S. R. and Wagner, E. D. (1991) Diethyldithiocarbamate suppresses the plant activation of aromatic amines into mutagens by inhibiting tobacco cell peroxidase. Mutant Research 247: 57-64.

Ramezani, S., Saharkhiz, M. J., Ramezani, F. and Fotokian, M. H. (2008) Use of essential oils as bioherbicides. Journal of Essential Oil, Bearing Plants 11: 319-327.

Rhodes, D. (2004) Main pathway of proline synthesis in higher plants. PhD thesis, Purdue University, Indiana, USA.

Samedani, B. and Baghestani Meybodi, M. A. (2005) Comparison of allelopathic activity of different *Artemisia* species on seed germination rate and seedling growth of *Avena ludoviciana*. Pajouhesh va Sazandegi 68: 69-74 (in Persian).

Saraei, R., Lahouti, M. and Ganjeali, A. (2012) Evaluation of allelopathic effects of Eucalyptus (*Eucalyptus globulus* Labill.) on germination, morphological and biochemical criteria of barely (*Hordeum vulgare* L.) and flixweed (*Descurainia sophia* L.). Agroecology. 4(3): 215-222 (in Persian).

Semere, T. and Froud, R. J. (2001) The effects of pea cultivar and water stress on root and shoot competition between vegetative plants of maize and pea. Journal of Applied Ecology. 38: 137-145.

Sά nchez-Moreiras, A. (2004) Whole plant stress response after BOA exposition. PhD thesis, University of Vigo, Vigo, Spain.

Turk, M. A. and Tawaha, A. R. M. (2003) Allelopathic effect of black mustard (*Brassica nigra* L.) on germination and growth of wild oat (*Avena fatua* L.). Crop Protection 22: 673-677.

Valentovič, P., Luxová , M., Kolarovič, L. and Gašparikorά , O. (2006) Effect of osmotic stress on compatible solutes content, membrane stability and water relation in two maize cultivars. Plant, Soil and Enviroment 52: 186-191.

Weir, T. L., Park, S. W. and Vivanco, J. M. (2004) Biochemical and physiological mediated by allelochemicals. Current Opinion in Plant Biology 7: 472-479.

Ziaebrahimi, L., Khavarinejad, R. A., Fahimi, H. and Nejadsatari, T. (2007) Effects of aqueous *Eucalyptus* extracts on seed germination, seedling growth

and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in three wheat cultivar seedling (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 3415-3419.