مدل‌سازی رگرسیونی غیرخطی رفتار جوانه‌زنی بذور چاودار وحشی و دم روباهی، تحت اثرات دگرآسیبی گیاهان نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی

سکینه عبدی* و رؤیا عابدی

ایران، تبریز، دانشگاه تبریز، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی اهر

تاریخ دریافت: ۹۷/۸/۲ تاریخ پذیرش: ۹۸/۷/۱۳

چکیده

مرحله جوانه‌زنی از اساسی‌ترین مراحل رشد گیاهان است که تحت تاثیر منفی مواد شیمیایی منتشر شده از اجزای مختلف گیاهان دیگر قرار می‌گیرد. امروزه استفاده از ترکیبات طبیعی دگرآسیب به عنوان جایگزین مناسبی برای ترکیبات سنتتیک، می‌باشد. به این منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملا تصادفی با سه فاکتور و در سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل دو گیاه علف هرز چاودار وحشی (*Secale cereale*) و دم‌روباهی (*Alopecurus myouroides*)، فاکتور دوم شامل عصاره سه گیاه دارویی نعناع فلفلی (*Metha piperita* L.)، کاسنی (*Cichorium intybud* L.) و مریم‌گلی (*Salvia officinalis*) و فاکتور سوم نیز ۵ سطح شامل سطح ۰ (آب مقطر به عنوان تیمار شاهد)، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد از عصاره آبی حاصل از این گیاهان بود. مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد و برای کمی‌سازی واکنش جوانه‌زنی از مدل‌های رگرسیون غیرخطی استفاده شد. عصاره‌های نعناع فلفلی و مریم‌گلی دارای اثرات دگرآسیبی قوی‌تری در رفتار جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چاودار وحشی بود، در حالی که موثرترین عصاره در کاهش درصد جوانه‌زنی علف هرز دم-روباهی، نعناع فلفلی بود. کمترین طول ساقه‌چه هر دو گونه علف هرز از عصاره‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاهان کاسنی و مریم‌گلی حاصل شد. مدل‌سازی انجام شده، بهترین مدل‌ها به منظور تفسیر نتایج رفتار جوانه‌زنی علف هرز دم‌روباهی در اثر عصاره‌های مختلف نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی به ترتیب رشنال مدل (Rational Model)، ام ام اف (MMF) و راتکاوسکی مدل (Ratkowsky Model) و چاودار وحشی به ترتیب فرازداغی- حریس (Farazdaghi-Harris)، مدیفاید (Modified Power) و مدل لجستیک (Logistic) بود.

واژه های کلیدی: آللوپاتی، درصد جوانه‌زنی، علف‌هرز، گیاهان دارویی، مدل‌سازی.

* نویسنده مسئول، تلفن: ۰۴۱۴۴۲۳۷۷۱۷ ، پست الکترونیکی: s.abdi@tabrizu.ac.ir

مقدمه

علف‌های هرز تهدید جدی برای کشاورزی محسوب می‌شوند زیرا برای دستیابی به آب، نور و مواد غذایی با گیاهان زراعی رقابت کرده و باعث کاهش کمی و کیفی محصولات زراعی می‌شوند، به طوری که خسارت ناشی از علف‌های هرز گاهی به ۷۰ الی ۸۰ درصد می‌رسد، بنابراین کنترل علف‌های هرز امری بسیار ضروری به نظر می‌رسد (۳۵).

چاودار وحشی (*Secale cereale*) یکی از مهم‌ترین علف-های هرز یکساله گندم در سطح جهان به شمار می‌رود و یکی از اولین گونه‌های باریک برگ گزارش شده در محصولات گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) می‌باشد (۳۷، ۳۴ و ۴۲). خاستگاه اصلی چاودار وحشی کشورهای خاورمیانه مانند افغانستان و ایران است. تولیدکنندگان گندم این مناطق با مشکلات بسیاری در مبارزه با چاودار وحشی مواجه هستند (۲۴). چاودار

وحشی به‌علت دارا بودن خواص رشدی از جمله انعطاف-پذیری به شرایط مختلف محیطی، مقاومت در برابر خشکی، ظرفیت تولید بالا و نیاز رطوبتی پایین، قدرت جذب بالای آب و مواد غذایی، چرخه زندگی مشابه با گندم، یکی از علف‌های هرز یکساله سمج خسارت‌زا در مزارع گندم در سطح جهان به شمار می‌آید (۳۰).

دم‌روباهی (*Alopecurus myouroides*) گیاهی است یکساله، دارای ساقه نازک، راست یا خوابیده به بلندی ۸۰-۳۰ سانتی‌متر، برگ‌ها ۲۰ سانتی‌متر طول و ۱۰-۴ سانتی‌متر پهنا داشته، گل‌آذین سنبله و متراکم به طول کمتر از ۱۰ سانتی‌متر، دارای ریشک‌های راست یا موجی است. این گیاه از علف‌های هرز مهم مزارع گندم، جو، بادام زمینی، ذرت و زمین‌های آیش می‌باشد (۱۱).

تاکنون تحقیقات مختلفی در زمینه مدیریت علف‌های هرز و تولید علف‌کش با منشا گیاهی انجام شده است که کمترین آسیب را بر اکوسیستم وارد کند. استفاده از خاصیت دگرآسیبی برخی از گونه‌های گیاهی در تولید علف‌کش‌های طبیعی (که نسبت به علف‌کش‌های مصنوعی اختصاصی‌تر عمل کرده و عوارض نامطلوب کمتری دارند) یکی از روش‌های پیشنهادی به منظور کاهش مصرف سموم شیمیایی است.

اصطلاح دگرآسیبی (آللوپاتی) یعنی هر گونه اثر مستقیم یا غیر مستقیم، مضر یا مفید ترکیبات شیمیایی یک گیاه روی محصول سایر گیاهان است و آللوشیمیایی‌ها، مواد حاصل از عمل دگرآسیبی به داخل محیط طبیعی رشد گیاه می-باشند (۱). بنا به نظر انجمن بین‌المللی آللوپاتی، هر فرآیندی که طی آن متابولیت‌های ثانویه توسط گیاه تولید شوند و بر رشد و نمو سیستم‌های بیولوژیک تاثیر گذار باشند، خواه اثرات آن‌ها منفی باشد یا مثبت، دگرآسیبی محسوب می‌شود. مواد آللوشیمیایی دارای قابلیت دگرآسیبی در تمام گیاهان و در بیشتر بافت‌ها از جمله برگ‌ها، ساقه‌ها، گل‌ها، ریشه‌ها، بذرها و جوانه‌ها وجود دارند (۴۲). اثر مواد شیمیایی دگرآسیب در برخی از آزمایش‌های فیزیولوژی گیاهی همچون جذب مواد غذایی، تقسیم سلولی، توسعه ریشه، تنفس و فتوسنتز، سنتز پروتئین، جوانه‌زنی و فعالیت آنزیم به اثبات رسیده است و وقتی گیاهان در معرض مواد آللوشیمیایی قرار می‌گیرند، جوانه‌زنی، رشد و توسعه آن‌ها ممکن است تحت تاثیر قرار گیرند (۱۶). مطالعات نشان داده است که برخی از گیاهان دارویی جزو گیاهان دگرآسیب قوی به حساب می‌آیند (۱۹). گیاهان دارویی به دلیل داشتن متابولیت‌های ثانویه فراوان و متنوع دارای نقش بازدارندگی روی جوانه‌زنی و رشد گیاهان دیگر می‌باشند. اسانس و عصاره اکثر گیاهان دارویی روی فعالیت میتوکندری و اکسیداسیون چربی‌ها تاثیر داشته و می‌توان از این مواد به عنوان علف‌کش زیستی استفاده نمود (۱۸).

گیاه دارویی مریم‌گلی (*Salvia officinalis*)، گیاهی است علفی، چند ساله که از خانواده نعناعیان است. جنس مریم-گلی حدود ۹۰۰ گونه بوده و جزو بزرگترین جنس از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد (۲۵ و ۲۹).

نعناع فلفلی (*Metha piperita* L.) با نام انگلیسی Peppermint گیاهی است علفی، چند ساله، ریزوم‌دار و هیبرید (۲n =۴۸) متعلق به راسته Lamiales و خانواده Lamiaceae است و از تلاقی بین گونه‌های *M. aquatic* و *M. spicata* به وجود آمده است (۱۷).

گیاهان مریم‌گلی و نعناع فلفلی از خانواده نعناعیان می-باشند. از جمله ترکیبات مهم در گونه‌های این خانواده می-توان به ترکیبات فنلی بویژه فلاوونوئیدها اشاره کرد. ترکیبات فنلی از ترکیبات موثر در پدیده دگرآسیبی هستند که در ساختمان شیمیایی خود واجد یک حلقه آروماتیک همراه یک یا چند عامل هیدروکسیل می‌باشند که می‌تواند عامل دگرآسیب برای گیاهان دیگر باشد (۲۸). مریم‌گلی دارای ترکیباتی چون اسیدهای چرب آلفا، کامفر، بورنئول، گلوبول، آلفا همولون، آلفا پینن، تانن، سالوین، ترکیبات

فلاونوئیدی، گلیکوزیدها، رزین‌ها، رزمارینیک اسید و ترپن‌هایی چون کارنوزل- مانول می‌باشد (۳۶). نعناع فلفلی حاوی ترکیباتی چون منتول، منتون، استر، کاروتن، توکوفرول، بتائین، کولین و ترکیبات فلاونوئیدی می‌باشد (۳۱).

کاسنی با نام علمی *Cichorium intybud* L. که بنام شیکوره شناخته می‌شود، گیاهی یک ساله و یکی از گیاهان دارویی مهم خانواده گل ستاره‌ای‌ها (Asteraceae) است (۸). گیاهان این خانواده با دارا بودن انواع ترپن‌ها و فلاونوئیدها دارای پتانسیل دگرآسیبی می‌باشند (۲۸). گیاه کاسنی دارای ترکیباتی چون اینولین، سزکوئی ترپن، لاکتون‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها، شیکویک اسید می‌باشد (۳۲).

ممانعت از جوانه‌زنی بذر یولاف وحشی (*Avena fatua*) تحت اثر عصاره گونه‌های مختلف گیاه دارویی درمنه به وجود ماده آللوشیمیایی آرتمیزینین (Artemisinin) در بافت‌های برگ این گیاه نسبت داده شده است (۳۳). بررسی اثر آللوپاتیک گیاه خردل سیاه (*Brassica nigra*) بر رشد و جوانه‌زنی بذر یولاف وحشی نشان داد که عصاره آبی اندام‌های گیاهی خردل سیاه بر جوانه‌زنی بذر و رشد گیاهچه بذرهای علف هرز یولاف وحشی اثر بازدارندگی معنی‌داری دارد (۳۹). حسن‌پور و عزیزی (۲۲)، اثر دگرآسیبی اندام‌های هوایی مریم‌گلی و گل راعی (*Hypericum perforatum*) روی تاج خروس (*Amaranthus retroflexus*) و خرفه (*Portulaca oleracea*) بررسی نموده و کاهش وزن خشک، درصد و سرعت جوانه‌زنی در اندام‌های هوایی و زیرزمینی تاج-خروس را بیان کردند ولی اثر معنی‌داری بر خرفه مشاهده نشد. عصاره رزماری (*Rosmarinus officinalis*) خاصیت دگرآسیبی و اثرات مهاری بر رشد و جوانه‌زنی گیاه سس (*Cuscuta campestris*) دارد (۲۱). بررسی اثر دگرآسیبی مراحل فنولوژیک اسپند روی چاودار کوهی (*Secale montanum*) نشان داد که اثر بازدارندگی مرحله گلدهی و رویشی گیاه اسپند بر سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی و رشد ساقه بیشتر از مرحله بذردهی آن بود (۷).

از رگرسیون‌های غیرخطی و مدل‌های ریاضی به منظور شبیه‌سازی جوانه‌زنی و سبز شدن بذور در برابر مواد دگرآسیب می‌توان استفاده کرد (۴۰). چانتر و همکاران (۱۳) با بررسی مدل‌های ویبول و لجستیک در پیش‌بینی سبز شدن یولاف وحشی در دامنه دمایی مختلف اظهار داشتند که مدل لجستیک سه پارامتره توانست با دقت بالایی رابطه بین زمان دمایی و سبز شدن گیاهچه این علف هرز را پیش‌بینی نماید. ایزکویردو و همکاران (۲۶) نیز مدل گامپرتز و ویبول را به داده‌های رویش تجمعی علف هرز چچم (*Lolium rigidum*) در شرایط دمایی مختلف در حضور غلات زمستانه برازش کردند. در پژوهش آن‌ها مقادیر کم شاخص اکائیک مدل گامپرتز (۲۳۷/۵) نسبت به مدل ویبول (۲۴۴/۴) حاکی از برتری مدل گامپرتز بود.

با توجه به این که گیاهان چاودار وحشی و دم‌روباهی از جمله علف‌های هرز موجود در استان آذربایجان شرقی بوده و گیاهان دارویی نظیر مریم‌گلی، کاسنی و نعناع فلفلی دارای پراکنش بالایی در استان می‌باشند. لذا این تحقیق جهت بررسی اثرات غلظت‌های متفاوت عصاره‌ی آبی این گیاهان دارویی، بر فرآیند جوانه‌زنی و رشد دو گونه مذکور به‌عنوان علف‌کش زیستی جهت مهار آنها در مرحله جوانه-زنی انجام و مدل‌سازی رفتار جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز در رابطه با عصاره‌های دگرآسیب با استفاده از رگرسیون‌های غیرخطی انجام شد.

مواد و روشها

آزمایش جوانه‌زنی: این تحقیق با هدف بررسی اثر دگرآسیبی عصاره آبی سه گیاه دارویی بر جوانه‌زنی و شاخص‌های رشد گیاهچه علف‌های هرز مهم چاودار وحشی و دم‌روباهی، به صورت فاکتوریل بر مبنای طرح کاملا تصادفی با سه فاکتور و در ۳ تکرار در دانشکده

کشاورزی و منابع طبیعی اهر اجرا شد. فاکتور اول شامل دو گیاه علف هرز (چاودار وحشی و دم‌روباهی)، فاکتور دوم شامل عصاره سه گیاه دارویی مختلف (نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی) و فاکتور سوم شامل ۵ سطح عصاره آبی حاصل از این گیاهان (۰ (آب مقطر به عنوان تیمار شاهد)، ۵، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ درصد) بود. بوته‌های نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی شامل ریشه، ساقه، برگ و گل به منظور خشک کردن به مدت ۲ هفته در هوای آزاد قرار گرفت و سپس آسیاب شدند. برای همگن شدن، پودر بدست آمده از غربالی با منافذی به قطر یک میلی‌متر عبور داده شد. جهت تهیه عصاره آبی ۱۰ گرم پودر خشک گیاه با ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر مخلوط گردید و مخلوط حاصل به مدت ۱ ساعت روی دستگاه تکان‌دهنده (شیکر) قرار داده شد. سپس به مدت ۲۴ ساعت به یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد انتقال یافت. روز دوم دوباره این فرآیند تکرار شد و در نهایت روز سوم به مدت ۲ ساعت روی شیکر قرار داده شد. سپس به مدت ۶ دقیقه با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شدند. عصاره‌ها با استفاده از کاغذ صافی (واتمن شماره ۱) صاف شدند و عصاره صاف شده بدون رقیق شدن (غلظت ۱۰۰)، با غلظت ۵۰ (۵۰ میلی‌لیتر عصاره و ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر)، غلظت ۲۵ (۲۵ میلی‌لیتر عصاره و ۷۵ میلی‌لیتر آب مقطر) و غلظت ۵ (۵ میلی‌لیتر عصاره و ۹۵ میلی‌لیتر آب مقطر) مورد استفاده قرار گرفت. بذور چاودار وحشی و دم‌روباهی در پتری-دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر (۵۰ عدد بذر در هر پتری-دیش)، بین دو لایه کاغذ صافی قرار گرفتند و برای آبیاری آنها از عصاره‌های آبی تهیه شده استفاده گردید. به مدت ۸ روز در محیط کنترل شده ژرمیناتور در دمای ثابت ۲۴ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بذور به صورت روزانه بازبینی و تعداد بذرهای جوانه‌زده ثبت شد. سپس ده عدد از بذور جوانه‌زده به جعبه کشت‌های مخصوص انتقال یافته و ده روز نگهداری شدند، در پایان آزمایش درصد جوانه‌زنی، شاخص جوانه‌زنی (۳۸)، طول ریشه‌چه و ساقه-چه و وزن تر و خشک گیاهچه (خشک کردن گیاهچه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد) اندازه‌گیری شدند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم افزار آماری MSTAT-C و مقایسه میانگین آنها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال ٪۱ استفاده گردید. نرمال بودن داده‌ها توسط آزمون کولموگروف- اسمیرنوف در نرم‌افزار MINITAB 14 تایید شد.

مدل‌های جوانه‌زنی: برای توجیه روند تغییرات مربوط به درصد جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز مورد مطالعه در مقابل غلظت‌های مختلف گیاهان دگرآسیب از نرم-افزار CurveExpert Professional 1.6.5 و مدل‌های رگرسیون غیرخطی برای کمی سازی واکنش جوانه‌زنی استفاده شد.

ارزیابی مدل‌ها: به منظور ارزیابی و تعیین نکویی برازش مدل‌های مختلف از معیارهای زیر استفاده شد:

R^2: ضریب تبیین رگرسیون بین مقادیر پیش بینی و مقادیر مشاهده شده که میزان این فراسنجه از رابطه ۱ بدست آمد (۱۵):

$$R^2 = 1 - \frac{SSE}{SST} \qquad (۱)$$

که در آن SSE و SST به ترتیب مجموع مربعات خطا و مجموع مربعات کل هستند. هرچه مقدار R^2 بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که مدل، درصد جوانه‌زنی بذور در غلظت‌های مختلف عصاره‌های آبی گیاهان دگرآسیب را بیشتر توجیه می‌کند.

همچنین معیار دیگری که به کمک آن می‌توان مدل‌ها را با هم مقایسه کرد، شاخص آکائیک می‌باشد، که از رابطه ۲ تعیین می‌شود:

$$AIC = n \log\left(\frac{RSS}{n}\right) + 2k \qquad (۲)$$

که در آن k تعداد پارامترهای مدل، n تعداد مشاهدات و RSS نیز مجموع مربعات باقیمانده می‌باشد. در مقایسه مدل‌ها، هر کدام که از مقدار AIC کمتری برخوردار باشد به عنوان مدل بهتر انتخاب می‌شود (۲۷).

نتایج

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۱) نشان داد که اثر متقابل بین غلظت‌های مختلف عصاره گیاهان دگرآسیب مریم گلی، کاسنی و نعناع فلفلی بر درصد و شاخص جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه، وزن تر و خشک گیاهچه علف-های هرز چاودار وحشی و دم روباهی در سطح احتمال ۱ درصد ($P\leq ۰/۰۱$) معنی‌دار است.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف علف‌های هرز چاودار وحشی و دم روباهی تیمار شده با غلظت‌های مختلف عصاره آبی نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی	شاخص جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه	طول ریشه‌چه	وزن تر گیاهچه	وزن خشک گیاهچه
علف هرز	1	44266.84**	7118.93**	665.04**	232.96**	1.774**	0.042**
گیاهان دگرآسیب	2	496.17**	57.87**	42.77**	7.88**	0.624**	0.004**
علف هرز ×گیاهان دگرآسیب	2	3927.64**	41.428**	16.45**	6.79**	0.075**	0.000 ns
غلظت عصاره	4	6656.71**	742.10**	216.67**	201.13**	0.513**	0.008**
علف هرز× غلظت عصاره	4	703.28**	103.10**	102.43**	107.85**	0.025**	0.000 ns
گیاهان دگرآسیب× غلظت عصاره	8	460.17**	50.67**	12.35**	9.05**	0.066**	0.001**
علف هرز ×گیاهان دگرآسیب× غلظت عصاره	8	798.75**	95.51**	15.36**	6.72**	0.034**	0.002**
اشتباه آزمایشی	60	21.33	2.15	0.88	0.43	0.002	0.000
ضریب تغییرات (درصد)		7.62	8.47	8.91	9.14	8.62	11.87

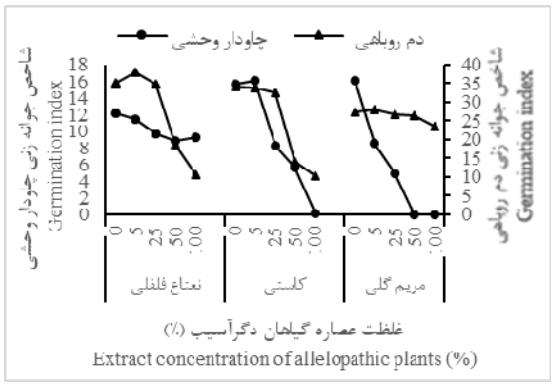
nc، **: عدم معنی‌داری و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

کمترین مقدار شاخص جوانه‌زنی بذر مربوط به علف هرز دم‌روباهی در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره مریم‌گلی بود که اختلاف معنی‌داری با غلظت ۵۰ درصد عصاره همین گیاه دارویی نداشت. شاخص جوانه‌زنی بذور چاودار وحشی در غلظت ۱۰۰ درصد عصاره گیاه کاسنی نیز کمترین مقدار را داشت (شکل ۱- الف).

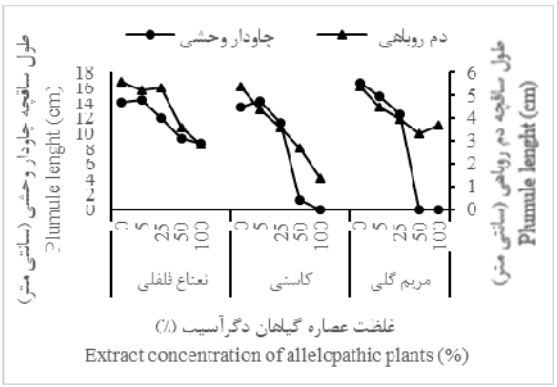
کمترین طول ساقه‌چه علف‌های هرز چاودار وحشی و دم-روباهی از عصاره‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاهان کاسنی و مریم‌گلی حاصل شد که اثر غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد عصاره کاسنی و مریم‌گلی روی دم‌روباهی بیشتر از چاودار وحشی بود (شکل ۱- ب). موثرترین عصاره‌ها در کاهش طول ریشه‌چه علف هرز دم‌روباهی، غلظت ۱۰۰ درصد عصاره گیاه مریم‌گلی و ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاه کاسنی بود. کمترین طول ریشه‌چه علف هرز چاودار وحشی هم از غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاه کاسنی حاصل شد (شکل ۱- ج). اثر غلظت‌های مختلف عصاره مریم‌گلی روی وزن تر گیاهچه چاودار وحشی بیشتر از دم‌روباهی بود و غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد عصاره مریم‌گلی روی چاودار وحشی و دم روباهی بیشترین اثر را داشته و وزن تر گیاهچه را بیشتر کاهش داد (شکل ۱- د). کمترین مقدار وزن خشک گیاهچه دم روباهی در اثر غلظت ۱۰۰ درصد عصاره کاسنی بدست آمد. غلظت ۱۰۰ درصد عصاره

کاسنی و مریم گلی روی وزن خشک گیاهچه چاودار وحشی بیشترین تاثیر را داشت که بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد مریم‌گلی بر وزن خشک گیاهچه چاودار وحشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۱- ه).

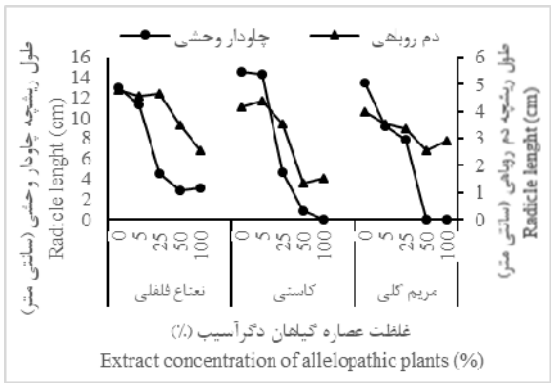
الف



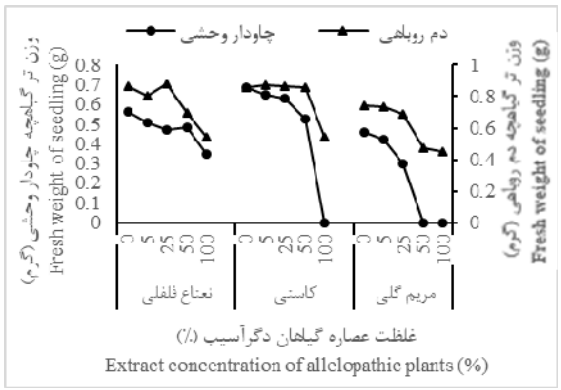
ب



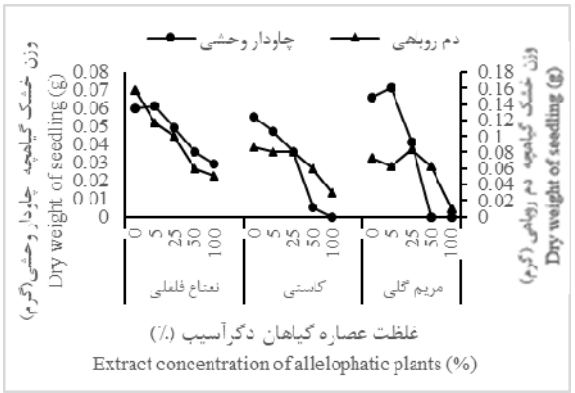
ج



د



ه



شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف عصاره آبی گیاهان دارویی بر شاخص جوانه‌زنی (الف)، طول ساقچه (ب)، طول ریشچه (ج)، وزن تر گیاهچه (د) و وزن خشک گیاهچه (ه) بذور چاودار وحشی و دم‌روباهی

بر اساس مدل‌سازی انجام شده (جدول ۲)، بهترین مدل رگرسیون غیرخطی با توجه به میزان R^2 (۰/۹۹) و AIC (۳۶/۵۵) برای توجیه درصد جوانه‌زنی گیاه دم‌روباهی تحت اثر عصاره با غلظت‌های مختلف نعناع فلفلی، رشنال مدل (Rational Model) بود (شکل ۲-الف). براساس این مدل برازش شده با افزایش غلظت عصاره آبی نعناع فلفلی از صفر به ۵۰ درصد، درصد جوانه‌زنی ۳۰ درصد کاهش یافته و با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ به ۱۰۰ درصد، این میزان کاهش ۳۲ درصد بود. که با توجه به مدل برازش شده، افزایش غلظت عصاره از ۸۰ به ۱۰۰ درصد، جوانه-زنی بذور دم‌روباهی ۹ درصد کاهش نشان داد.

بهترین مدل رگرسیونی غیرخطی برای درصد جوانه‌زنی بذور گیاه چاودار وحشی تحت اثر غلظت‌های مختلف نعناع فلفلی، بر اساس شاخص‌های تعیین برازش مدل فرازداغی- حریس (Farazdaghi-Harris) بود (جدول ۲)، که حاکی از کاهش ۱۵ درصدی جوانه‌زنی با افزایش غلظت از حالت شاهد و بدون عصاره دگرآسیب به ۵۰ درصد بود، این کاهش درصد جوانه‌زنی، با افزایش غلظت عصاره از ۵۰ به ۱۰۰درصد به میزان ۳ درصد بود. با توجه به مدل می‌توان عنوان کرد که استفاده از غلظت‌های بالاتر از ۸۰ درصد عصاره نعناع‌فلفلی در کاهش درصد جوانه‌زنی چاودار وحشی مقرون به صرفه نبوده و کاهش ۱ درصدی در درصد جوانه‌زنی نشان داده است، همچنین در کل استفاده از عصاره‌های نعناع فلفلی حتی در غلظت ۱۰۰ درصد باعث کاهش ۱۸ درصدی نسبت به حالت شاهد در جوانه‌زنی علف هرز چاودار وحشی شده است (شکل ۲-ب).

جدول ۲- معادلات مدل‌های برازش داده شده درصد جوانه‌زنی بذور چاودار وحشی و دم روباهی وحشی در غلظت‌های مختلف عصاره گیاهان دارویی

علف هرز	عصاره گیاهان دارویی	مدل	معادله	ضریب تبیین	شاخص اکائیک	پارامترهای مدل			
						a	b	c	d
دم روباهی Alopecurus myosuroides	نعناع فلفلی Mentha piperita	Rational Model	$y=\frac{a+bx}{1+cx+dx^2}$	0.99	36.55	9.690	9.667	1.279	4.393
	کاسنی Cichorium intybus	MMF	$y=\frac{ab+cx^d}{b+x^d}$	0.98	39.36	9.494	1.341	3.992	8.820
	مریم گلی Salvia officinalis	Ratkowsky Model	$y=a(1+e^{b-cx})$	0.66	12.87	96.667	-42.36	-0.39	-
چاودار وحشی Secale cereal L.	نعناع فلفلی Mentha piperita	Farazdaghi-Harris	$y=\frac{1}{(a+bx^c)}$	0.95	14.49	1.559	1.656	3.431	-
	کاسنی Cichorium intybus	Modified power	$y=ab^x$	0.97	16.70	71.241	0.973	-	-
	مریم گلی Salvia officinalis	Logestic	$y=\frac{a}{(1+be^{-cx})}$	0.99	11.66	-5.018	-1.069	-0.012	-

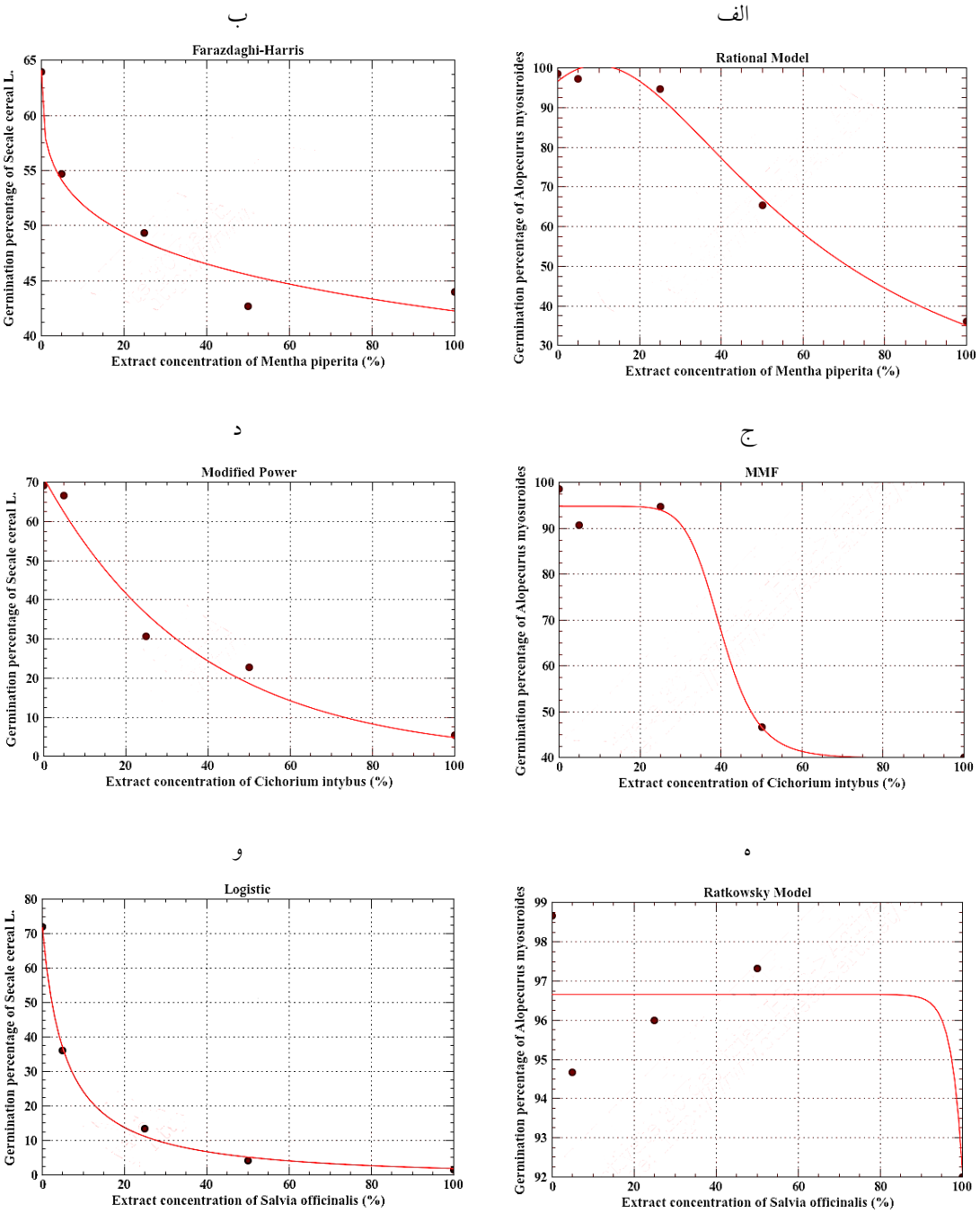
بررسی مدل‌های رگرسیونی غیرخطی درصد جوانه‌زنی بذور دم روباهی تحت تاثیر دگرآسیبی عصاره‌های کاسنی نشان داد (جدول ۲) که مدلMMF (Morgan–Morgan–Finney)، بر اساس ضریب تبیین و شاخص آکائیک مناسب، به عنوان بهترین مدل بود. بر اساس این مدل بیشترین کاهش درصد جوانه‌زنی (۴۸ درصد) با افزایش

غلظت عصاره از صفر به ۵۰ درصد اتفاق افتاد و با افزایش غلظت از ۶۰ به ۱۰۰ درصد فقط ۲ درصد کاهش در درصد جوانه‌زنی علف هرز دم‌روباهی مشاهده شد. می‌توان نتیجه گرفت که در گیاه دم‌روباهی، افزایش غلظت عصاره کاسنی به بالاتر از ۶۰ درصد تاثیر چندانی در کاهش درصد جوانه‌زنی و کنترل این گیاه نداشته است (شکل ۲- ج). مدل‌سازی انجام شده درصد جوانه‌زنی بذور چاودار وحشی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف کاسنی و برازش مدل‌ها حاکی از آن بود که مدیفاید مدل (Modified Model) بهترین مدل بوده (جدول ۲) و بر اساس آن با افزایش غلظت عصاره کاسنی از حالت شاهد به ۶۰ درصد، درصد جوانه‌زنی چاودار ۵۶ درصد کاهش یافت در حالی‌که با افزایش عصاره از ۶۰ درصد به ۱۰۰ درصد، کاهش ۹ درصدی در جوانه‌زنی مشاهده شد (شکل ۲- د).

بهترین مدل رگرسیونی غیرخطی برازش شده برای اثر غلظت‌های مختلف عصاره مریم‌گلی بر درصد جوانه‌زنی دم‌روباهی، از بین مدل‌های حاصل بر اساس R^2 (۰/۶۶) و AIC (۱۲/۸۷)، راتکاوسکی مدل (Ratkowsky Model) بود (جدول ۲) که بر اساس آن فقط غلظت‌های بالای ۹۵ درصد عصاره مریم‌گلی در درصد جوانه‌زنی دم‌روباهی کاهش معنی‌دار نشان داد که این مقدار به ۳ درصد رسید (شکل ۲- ه) در حالی که بهترین مدل برای درصد جوانه‌زنی چاودار وحشی تحت اثر عصاره مریم‌گلی، مدل لجستیک (Logistic) بود و افزایش غلظت عصاره آبی مریم‌گلی از حالت شاهد به ۵۰ درصد باعث کاهش درصد جوانه‌زنی علف‌هرز چاودار وحشی به میزان ۶۴ درصد شد. این در حالی است که افزایش غلظت از ۵۰ به ۱۰۰ درصد، کاهش ۳ درصدی جوانه‌زنی را نشان داده است. با توجه به این امر به نظر می‌رسد غلظت ۵۰ درصد عصاره مریم‌گلی، بهترین غلظت برای استفاده به عنوان علف‌کش در مزارعی با مشکل علف‌هرز چاودار باشد.

بحث و نتیجه گیری

با افزایش غلظت عصاره‌های آبی گیاهان دارویی روند شاخص جوانه‌زنی بذور علف‌های هرز دم‌روباهی و چاودار وحشی نزولی بود که این روند کاهشی در مورد بذور دم‌روباهی در اثر غلظت‌های مختلف مریم‌گلی کمترین بود. روند نزولی نشان‌دهنده خاصیت بازدارندگی بیشتر مریم‌گلی بر شاخص جوانه‌زنی علف هرز چاودار وحشی می‌باشد. کمترین طول ریشه‌چه علف هرز چاودار وحشی هم از غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد گیاه کاسنی حاصل شد. کاهش رشد گیاه در حضور ترکیبات دگرآسیب‌رسان شیمیایی با توقف شدید میتوز در سلول‌های مریستمی ریشه‌چه و ساقه‌چه همراه می‌شود و در نتیجه طول ریشه‌چه و ساقه‌چه کاهش می‌یابد (۵ و ۱۰). کاهش طول ریشه بیانگر این نکته است که طویل شدن سلول‌ها، به‌وسیله مواد دگرآسیب تحت تاثیر قرار گرفته است. تخریب توازن هورمونی یکی از مهم‌ترین دلایل کاهش رشد اندام هوایی و ریشه گیاهچه‌ها می‌باشد. برخی از مکانیسم‌های فعالیت مواد دگرآسیب شبیه هورمون‌های گیاهی است، به عنوان مثال اسیدهای فنولیک و پلی‌فنول‌ها رشد تحریک شده بوسیله اکسین‌ها را با توقف دکربوکسیلاسیون اکسیداتیو آن کاهش می‌دهند (۱۴). ترکیبات دگرآسیب با تاثیر گذاشتن بر رشد ریشه‌ها از طریق کاستن از تشکیل ریشه‌های موئین و یا رشد ریشه‌های اصلی باعث کاهش جذب آب در گیاهان می‌گردند (۳۰). در آزمایش حاضر به نظر می‌رسد رشد ریشه‌چه نسبت به ساقه‌چه حساس‌تر بوده و بیشتر تحت تاثیر اثرات منفی دگرآسیب قرار گرفته است ، دلیل آن را می‌توان این‌طور بیان داشت که ریشه‌های گیاهان تماسی مستقیم با عصاره گیاهان مریم‌گلی، کاسنی و نعناع فلفلی داشتند که بالطبع بیشتر در معرض آللوکمیکال‌ها قرار می‌گیرند و ممکن است اثر مستقیم یا غیر مستقیم روی سیستم ریشه‌ای داشته باشند.



شکل ۲- مدل‌های برازش شده درصد جوانه‌زنی بذور چاودار وحشی و دم روباهی تحت تاثیر غلظت‌های مختلف عصاره گیاهان دگرآسیب مریم-گلی، کاسنی و نعناع فلفلی

غلظت ۱۰۰ درصد عصاره کاسنی و مریم گلی روی وزن خشک گیاهچه چاودار وحشی بیشترین تاثیر را داشت که بین غلظت‌های ۵۰ و ۱۰۰ درصد مریم‌گلی بر وزن خشک گیاهچه چاودار وحشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. گیاهچه‌های چاودار وحشی آب کمتری از دست داده‌اند. کم بودن وزن خشک گیاهچه‌های دم‌روباهی می‌تواند ناشی از عدم استفاده بهینه از ذخایر بذر در مرحله جوانه‌زنی باشد در نتیجه گیاه در نهایت استقرار مناسبی نداشته و در

جذب مواد غذایی و آب کارآمد نخواهد بود و رشد گیاه کاهش نشان خواهد داد. با حضور مواد دگرآسیب بسیاری از واکنش‌های آنزیمی گیاه متوقف می‌شوند. آنزیم پروتئاز بذر نقش مهمی در هیدرولیز پروتئین در طی جوانه‌زنی دارد. فعالیت این آنزیم به میزان آب جذب شده توسط بذر بستگی دارد (۳۹). اگر چه فعالیت آنزیمی در این آزمایش اندازه‌گیری نشد ولی می‌توان آن را به طور غیر مستقیم از میزان آب جذب شده نتیجه‌گیری کرد. جذب آب در گیاه دم‌روباهی بیشتر از چاودار وحشی بوده است که با توجه به بالاتر بودن وزن تر گیاهچه دم‌روباهی نسبت به چاودار وحشی، این گیاه در جریان خشک شدن گیاهچه آب بیشتری از دست داده است بنابراین اثر بازدارندگی عصاره گیاهان دگرآسیب به ممانعت از جذب آب توسط گیاه نیز مربوط بوده و با افزایش غلظت عصاره جذب آب نیز کاهش یافته است. دامنه وسیعی از ترکیبات فعال از نظر زیستی، دارای اثرات دگرآسیبی مشاهده شده است که به دو طریق شامل جلوگیری از تقسیم سلولی و جلوگیری از طویل شدن سلول می‌تواند از جوانه‌زنی جلوگیری کند (۲۰). نتایج حاصل از تحقیق حاضر نشان داد که مواد دگرآسیب ناشی از عصاره گیاهان دگرآسیب نه تنها به کاهش درصد جوانه‌زنی چاودار وحشی و دم‌روباهی منجر شد بلکه رشد بعدی گیاهچه و وزن خشک آن نیز تحت تاثیر قرار گرفت. مطالعات نشان داده است که عصاره آبی برنجاسف باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک ساقه‌چه و ریشه‌چه بارهنگ شد (۹). اسانس برگ گیاه دارویی مورخوش اثر بازدارندگی بر گیاهان گندم، گوجه‌فرنگی و ترتیزک داشت و وزن‌تر و خشک را در این گیاهان کاهش داد (۳) و بقایای پنجه‌مرغی تجمع ماده‌ی خشک در ریشه و بخش هوایی گندم و یولاف را تحت تاثیر قرار داد (۲۳).

مکانیزمی که سبب کاهش جوانه‌زنی بذر در اثر مواد دگرآسیب می‌شود، احتمالا مربوط به کاهش فعالیت آنزیم-هایی همچون آلفا آمیلاز است که در جوانه‌زنی بذر نقش دارند. همچنین برآیند عوامل متعددی چون کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالیز کننده فرآیندهای حیاتی گیاه و اختلال در جذب یون‌های معدنی، کاهش تقسیمات میتوز در مریستم ریشه و تخریب کلروفیل که در حضور مواد دگرآسیب رخ می‌دهد، سبب کاهش میزان رشد در گیاهچه می‌شود (۳). تاخیر و یا تحریک مواد ذخیره‌ای، فرآیندی که معمولا به سرعت در طی جوانه‌زنی بذور اتفاق می‌افتد، می‌تواند منجر به کمبود فرآورده‌های تنفسی گردد و در نهایت منجر به کمبود مستمر ATP در بذوری که در معرض آللوکمیکال‌ها قرار گرفته‌اند شود. بی‌نظمی در میزان تنفس منجر به ایجاد محدودیت‌های انرژی متابولیک و در نهایت کاهش جوانه‌زنی و رشد گیاهچه‌ها می‌گردد (۱۲). کاهش درصد جوانه‌زنی بذور گیاهان جو، گندم، خیار و شنبلیله تحت تاثیر عصاره آبی گیاه استبرق (*Calotropis procera*) گزارش شده که با افزایش غلظت عصاره، میزان کاهش محسوس‌تر بوده است (۶). عصاره گیاه سرو نقره‌ای نیز باعث کاهش جوانه‌زنی گیاه گندم شده است که این کاهش با افزایش غلظت عصاره محسوس‌تر بوده است (۲)

در تحقیق حاضر، روند کاهشی درصد جوانه‌زنی و میزان بازدارندگی عصاره‌ها با افزایش غلظت، بیشتر شد به‌طوری که بیشترین میزان بازدارندگی در اکثر موارد در تیمارهای ۱۰۰ درصد بود. در نهایت، اثر بازدارندگی عصاره‌های گیاهان مریم‌گلی، نعناع فلفلی و کاسنی بر گیاه چاودار وحشی بیشتر از علف هرز دم‌روباهی بوده و عصاره‌های نعناع فلفلی و مریم‌گلی دارای اثرات دگرآسیبی قوی‌تری نسبت به کاسنی بود و درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه چاودار وحشی را بیشتر تحت تاثیر قرار داده است. این در حالی است که به نظر می‌رسد موثرترین عصاره در کاهش درصد جوانه‌زنی علف هرز دم‌روباهی، عصاره نعناع فلفلی باشد این امر می‌تواند در تولید علف‌کش‌هایی با منشا طبیعی مورد استفاده قرار گیرند. بر اساس مدل‌سازی انجام شده بهترین مدل در تفسیر نتایج درصد جوانه‌زنی علف هرز دم‌روباهی در اثر عصاره‌های مختلف دارویی نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی به ترتیب رشنال مدل، ام ام اف

و راتکاوسکی مدل بود، همچنین مدل‌های برازش شده درصد جوانه‌زنی بذور علف هرز چاودار وحشی در اثر عصاره‌های دگرآسیب نعناع فلفلی، کاسنی و مریم‌گلی به ترتیب فرازداغی- حریس، مدیفاید و مدل لجستیک بود.

منابع

۱. حجازی، الف. غفاری، م. حسینی فرینانی، م. ۱۳۸۰. بررسی آللوپاتیک احتمالی ریشه گندم بر روی مراحل مختلف رشد و نمو عملکرد دانه آفتابگردان، مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۱۴، شماره ۲، صفحه ۸۸- ۹۳.

۲. حیدری‌زاده، م. لطفی، و. قانعی الوار، م. ۱۳۹۷. بررسی ترکیبات شیمیایی، اثرات دگرآسیبی و ضد باکتریای عصاره برگ سرو نقره ای (*Cupressus arizonica*)، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، جلد ۳۱، شماره ۱، صفحه ۱-۱۶.

۳. سلطانی‌پور، م. رضایی، م. مرادشاهی، ع. ۱۳۸۳. بررسی اثرات آللوپاتیک اسانس گیاه مورخوش (*Zhumeria majdae*) بر علف های هرز *Lepidium sativum* و *Echinochloa crus- galli*، مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۱۸، شماره ۴، صفحه ۸- ۱۴.

۴. صمدانی، ب. باغستانی، م. ۱۳۸۴. اثرات آللوپاتیک گونه های مختلف درمنه (*Artemisia* spp.) روی جوانه زنی بذور و رشد گیاهچه یولاف وحشی (*Avena ludoviciana*)، مجله پژوهش و سازندگی، جلد ۱۸، شماره ۳، صفحه ۶۹- ۷۴.

۵. نیازی‌پور، غ. اهتمام، م. ح. مجنی، ح. ک. ۱۳۹۷. مقایسه اثرات دگرآسیبی عصاره دوگونه بومادران *Achillea pachycephala Rech*. F و *Achillea nobilis* L.) بر علف هرز تاج خروس(*Amaranthus retroflexus* L.)، مجله پژوهشهای گیاهی (مجله زیست شناسی ایران)، جلد ۳۱، شماره ۲، صفحه ۳۵۹-۳۷۲.

6. Al-zahrani, H.S. and Al-Robai, S.A. 2007. Allelopathic effect of *Calotropics procera* leaves extract on seed germination of some plants. JKAU Science, 14: 115-126.

7. Bagheri, R. and N. Hamzenehnejad. 2011. The effect of allelopathic effect of Harmal (*Peganum harmala* L.) in different phonological stages on *Secale montanum* Guss. Journal of Plants and Ecosystem, 8: 1-31.

8. Bais, H.P. and Ravishankar, G.A. 2001. *Cichorium intybus* L. cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. Journal of Sciences Food Agriculture, 81: 467-484.

9. Behzadi, y., Salehi, A., Balouchi, H. and Khaledi, F. 2016. Allelophatic effect of Yarrow (*Achilla wilhelmsii* L.) and Habek Mint (*Mentha longifolia* (L.) Huds) on seed germination indices of Plantain (*Plantago major* L.). Iranian Journal of Seed Research, 2(2): 99-111. In Persian.

10. Bertin, C., Yang, X. and Western, L.A. 2003. The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant and Soil, 256: 67-83.

11. Bhowmik, P. C., Doll, J. D. 1983. Growth analysis of corn and soybean response to allelopathic effects of weed residues at various temperatures and photosynthetic photon flex densities. Journal of Chemical Ecology, 9(8): 1263-1272.

12. Bogatek, R. 2005. Sunflower allelochemicals mode of action in germinating mustard seeds. Allelopathy Congress. Australia, May 4-7, pp. 277-279.

13. Chanter, G.R., Blanco, A.M., Lodovichi, M.V., Bandoni, A.J., Sabbatini, M.R., Lopez, R.L., Viga, M.R. and Gigon, R. 2013. Modelling *Avena fatua* seedling emergence dynamics: AQN artificial neural network approach. Computers and Electronics in Agriculture, 88: 95-102.

14. Chon, S.U., Jang, H.G., King, D.K., Kim, Y.M., Boo, H.O., Kim, Y.J. 2005. Allelopathic potential in lettuce (*Lactuca sativa* L.) plants. Scientia Horticulture, 106: 309-317.

15. Deihimfard, R., Nazari, Sh., Aboutalbian, M. A. 2016. Modelling germination pattern of two pigweed ecotypes in response to temperature. Journal of Plant Protection, 30(2): 328-336.

16. Djanagu, I.M., Vaidynathan, R., Anniesheeba, J., Durgadevi, D., and Bangarus, U. 2005. Physiological responses of *Eucalyptus globulus* leaf leachate on seedling physiology of rice, sorghum and blakgram. International Journal of Agriculture and Biology, 7: 35-38.

17. Doymaz, I. 2006. Thin-layer drying behavior of mint leaves. Journal of Food Engineering, 74: 370-375.

18. Ehlers, B.K. and Thompson, J. 2004. Do co-occurring plant species adapt to one another the response of *Bromus erectus* to the presence of different Thymus (*Vilgaris chemotypes*). Oecologia, 141: 511-518.

19. Fujii, Y., Furukawa, M., Hayakawa, Y., Sugawara, K. and Shibuya, T. 1991. Survey of Japanese medicinal plants for the detection of allelopathic properties. Journal of Weed Research Japan. 36: 36-42.

20. Gholami, P. 2012. Allelopathic effects of *Artemisia aucheri* on seed germination and *Dactylis glomerata* properties of *Festuca arundinaceae* Schreb. Journal of Plant Ecophysiology, 2: 44-52.

21. Hassannejad, S. and Ghafari, S.B. 2013. Allelopathic effects of some Lamiaceae on seed germination and seedling growth of dodder (*Cuscuta campestris* Yunck.). International Journal of Biosciences, 3(3): 9-14.

22. Hassanpour, H. and Azizi, M. 2007. Allelopathic effects medicinal on weed control. The third Conf. Medic. Plants in Persian Date, Shahed University.

23. Hilda, G.G., Francisco, Z.G., Maiti, R.K., Sergio, M.L., Elia, L.D. and Salomon, M.L. 2002. Effect of extract of *Cynodon dactylon* L. and *Sorghum halepans* L. on cultivated plant. Crop Research, 23: 382-388.

24. ICARDA: International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. 2005. Seed and crop improvement situation assessment in Afghanistan.

25. Imanshahidi, M. and Hosseinzadeh, H. 2006. The pharmacological effect of Salvia species on the central nervous system. Phytotherapy Research, 20(6): 427-437.

26. Izquierdo, J., Bastida, F., Lezaun, J. M., Sanchez, M. J. and Gonzalez-Andugar J. L. 2013. Development and evaluation of a model for predicting *Lolium rigidum* emergence in winter cereal crops in the Mediterranean area. Weed Research, 53: 269-278.

27. Jalilian, A., Mazaheri, D., Rahimian, H., Tavakkol Afshari, R., Abdolahian M., and Gohari J. 2004. Estimation of base temperature and the investigation of germination and field emergence trend of monogerm suger beet under various temperatures. Journal of Suger Beet, 40(2): 97-112.

28. Kazemi, M., Roshandel, P. and Rafiei, M. 2017. Evaluation of allelopathic potential of six medicinal plants on some physiological and biochemical characteristics of beta vulgaris and its two important weeds. Journal of Plant Process and Function, 6(21): 65-79.

29. Kuzma, L., Skryzypek, Z. and Wysokinska H. 2006. Diterpenoids and triternoids in hairy roots of *salvia sclarea*. PCTOC, 84(2):171-9.

30. Malik, A. 2005. Allelopathy challenges and opportunities. 4th World Congress in Allelopathy, Australia.

31. 31. Murray, M.T. 1995. The healing power of herbs: the enlightened persons guide to the wonders of medicinal plants. Rocklin, CA: Prima Publication, PP: 410.

32. Nandagopal, S. and Ranjitha Kumari, B.D. 2007. Phytochemical and antibacterial studies of chicory (*Cichorium intybus* L.) - a multipurpose medicinal plant. Advances in Biological Research, 1(1-2): 17-21.

33. Pester, T.A., Westra, P., Anderson, R.L., Lyon, D.L., Miller, S.D., Stahlman, P.W., Northam, F.E. and Wicks, G.A. 2000. *Secale cereal* interference and economic thresholds in winter *Triticum aestivum*. Weed Science, 48: 720-727.

34. Roberts, J.R., Peeper, T.F. and Solie, J.B. 2001. Wheat (*Triticum aestivum*) row spacing, seeding rate, and cultivar affect interference from rye (*Secale cereale*). Weed Technology, 15: 19-25.

35. Singh, H.P., Batish, D.R. and Kohi, R.K. 2006. Hand book of sustainable weed management. CRC Press.

36. Taarit, M.B., Msaada, K., Hosni, K. and Marzouk, B. 2010. Changes in fatty acid and essential oil composition of sage (*Salvia officinalis* L.) leaves under NaCl stress. Food Chemistry, 119(3): 951-956.

37. Tump, W.L. and Westra, P. 2000. The seedbank dynamics of feral rye (*Secale cereale*). Weed Technology, 14: 7-14.

38. Thronberry, G.O. and Smith, F.G. 1995. Relation of respiratory enzymatic activity to corn seed viability. Plant Physiology, 30: 337-343.

39. Turk, M.A. and Tawaha, A.M. 2003. Allelopathic effect of black mustard on germination and growth of wild aot. Crop Production, 22: 673-677.

40. Vleeshouwers L.M. 1997. Modelling the effect of temperature, soil penetration resistance,

burial depth and seed weight on pre emergence growth of weeds. Annals of Botany, 79: 553-563.

41. White, A.D., Lyon, D.J., Mallory-Smith, C., Medlin, C.R. and Yenish, J.P. 2006. Feral Rye (*Secale cereale*) in Agricultural Production Systems. Weed Technology, 20: 815-823.
42. Zeng, R.S., Mallik, A.U. and Luo, S.M. 2008. Allelopathy in sustainable agriculture and forestry. Published by Springer, PP: 412.

Nonlinear regression modelling of rye and foxtail germination behavior under allelopathic effects of peppermint, chicory and sage

Abdi S. and Abedi R.

Ahar Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Tabriz, Tabriz, I.R. of Iran.

Abstract

Germination is one of the essential period of plants growth that can be affected by chemical agents released by means of other plants. Nowadays, utilization of allelopathic natural compounds is a good alternative to synthetic compounds. Therefore, a factorial experiment was conducted that based on completely randomized design (CRD) with 3 replications. Treatments were included two weeds [wild rye (*Secale cereale*) and foxtail (*Alopecurus myouroides*)], three medicinal plants [peppermint (*Mentha piperita*), chicory (*Cichorium intybus*) and sage (*Salvia officinalis*)] and 5 level of aqueous extract (0, 5, 25, 50 and 100 percent). The mean of data was analyzed using Duncan test at 1% probability level. Nonlinear regression models were used to quantify the germination response. Peppermint and sage extracts have more effects than chicory on wild rye germination percentage and seedling growth. While, peppermint extract was the most effective in germination percentage of foxtail. The minimum plumule length of both weed species was obtained from 50 and 100% concentration of chicory and sage extract. The best fitted models of germination percentage of foxtail in different extracts concentration of peppermint, chicory and sage were Rational Model, MMF and Ratkowsky Model, respectively. Also, for wild rye were Farazdaghi-Harris, Modified Power and Logistic, respectively.

Key words: Allelopathic, Germination percentage, Medicinal plants, Modelling, Weed